



**UNIVERZITET U NOVOM SADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
SUBOTICA**



YU ISSN 0352-6852

**ZBORNIK RADOVA
GRAĐEVINSKOG FAKULTETA**

15



E.III

**SUBOTICA
2006.**

5

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET SUBOTICA**

Za izdavača: prof. dr Aleksandar Prokić, dekan
GF Subotica

*Glavni i odgovorni
urednik za izdavačku delatnost:* Dr Dragan Milašinović

Redakcioni odbor: Dr Aleksandar Prokić
Dr Erika Malešević
Dr Dragan Milašinović
Dr Karolj Kasaš
Dr Ljubomir Vlajić
Dr Ivan Hegediš
Dr Miroslav Bešević

*Lektor i
konsultant za engleski:* Mr Danijel Kukaras
Jelena Diklić

Tehnička obrada: Mr Atila Segedi,
Josip Kovač S., dipl. ing. građ.,
Branimir Ivanković,
Ilona Šeprenji

Izdavač: Univerzitet u Novom Sadu
Građevinski fakultet Subotica
Kozaračka 2/a
www.gf.su.ac.yu
e-mail: dekanat@gf.su.ac.yu

Tiraž: 300

Štampa: Grafoprodukt, Subotica

Poštovani,

Redakcioni odbor još jednom koristi priliku da se zahvali na doprinosu svim autorima koji su omogućili održavanje godišnje konferencije «Savremeni problemi u građevinarstvu» i izdavanju Zbornika radova Građevinskog fakulteta u Subotici.

Srdačan pozdrav,

*Uredništvo
Subotica, maj 2006.*

SADRŽAJ CONTENTS

SEKCIJA: INŽENJERSKA MEHANIKA SECTION: ENGINEERING MECHANICS

Petar Brana, Vladimir Sigmund

EVALUATION OF STRENGTH AND DAMAGE INDEXES FOR BUILDINGS
PRORAČUN NOSIVOSTI I INDEKS OŠTEĆENJA ZGRADA.....

Kožulic V., Gotovac B., Čolak I.

MULTILEVEL MESH FREE METHOD FOR THE TORSION PROBLEM
BEZMREŽNA METODA ZA RJEŠAVANJE PROBLEMA TORZIJE
KORIŠTENJEM VIŠE NIVOA.....

Christoph M. König, Nikolaus Linder, Željka Rudić

A 3D HEAT TRANSPORTMODEL FOR THE SUSTAINABLE USE OF
THERMAL WATER IN HUNGARY
3D-MODEL TRANSPORTA TOPLOTE PRILIKOM KORISĆENJA TERMALNIH
VODA U MAĐARSKOJ.....

Mihailo Lazarević, Aleksandar Spasić

FRACTIONAL CALCULUS IN APPLICATION TO THEORY OF
ELECTROVISCOELASTICITY
PRIMENA FRAKCIONOG RAČUNA U TEORIJI
ELEKTROVISKOELASTIČNOSTI.....

Milutin Marjanov

PITAGORINI BROJEVI I KVAZIPERIODIČNOST SOLARNOG SISTEMA
PYTHAGORAS NUMBERS AND QUASIPERIODICITY OF THE SOLAR
SYSTEM.....

Dragan Milašinović

UVOD U MOLEKULARNU REOLOŠKO-DINAMIČKU ANALOGIJU
ELEMENTS OF MOLECULAR RHEOLOGICAL-DYNAMICAL ANALOGY.....

Zoran Milašinović

TURBULENCIJA I TEORIJA HAOSA
TURBULENT FLOW AND THEORY OF CHAOS.....

Branislava Novaković

O STABILNOSTI ŠTAPA NA ELASTIČNOJ PODLOZI
ABOUT STABILITY OF THE ROD ON ELASTIC FOUNDATION.....

Danilo Ristić, Marija Jovanović, Vlado Micov

METOD DINAMIČKOG TESTIRANJA SUB-KONSTRUKCIJA PRIMENOM
SEIZMIČKE VIBROPLATFORME

REAL-TIME SUB-STRUCTURE DYNAMIC TESTING METHOD APPLYING SEISMIC SHAKING TABLE.....

Joerg Sahlmen, Maheshwar Reddy Eddula

VORTEX-INDUCED ACROSS-WIND VIBRATIONS OF BRIDGE TIE RODS
VIBRACIJE MOSTOVSKIH ZATEGA KAO POSLEDICA VRTLOGA USLED
POPREČNOG DEJSTVA VETRA.....

Todorka Samardžioska, Viktor Popov

TWO-DIMENSIONAL TWO-PHASE FLOW: FIVE-SPOT EXAMPLE
DVO DIMENZIONALNI DVOFAZNI TOK: 'FIVE-SPOT' PRIMER.....

Miodrag Sekulović, Marija Nefovska-Danilović

ANALIZA OKVIRA SA POLUKRUTIM VEZAMA PRI DEJSTVU
ZEMLJOTRESA
SEISMIC ANALYSIS OF FRAMES WITH SEMIRIGID CONNECTIONS.....

Takeo Taniguchi, Ahmed Saif Eldeen, Yousef Saif Eldeen

FINITE ELEMENT MODELING OF FIBER REINFORCED CONCRETE
STRUCTURE
MODELIRANJE MIKROARMIRANIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA
METODOM KONAČNIH ELEMENTA.....

Kristina Todorović, Nebojša Vasović

DYNAMICS OF STOCHASTICALLY PERTURBATED EXCITABLE SYSTEMS
WITH DELAY
DINAMIKA SLUČAJNO PERTURBOVANIH EKSCITABILNIH SISTEMA SA
KAŠNJENJEM.....

Nataša Trišović, Taško Maneski, Dragoslav Šumarac, Zoran Golubović

AN EXAMPLE FOR STRUCTURAL DYNAMIC MODIFICATION
PRIMER DINAMIČKE MODIFIKACIJE KONSTRUKCIJA.....

SEKCIJA: KONSTRUKCIJE I MATERIJALI SECTION: STRUCTURES AND MATERIALS

Miroslav Bešević, Josip Kovač Striko

NOSEĆA DVOBRODNA ČELIČNA KONSTRUKCIJA UNIVERZALNE HALE
OD CEVAŠTIH PROFILA
BEARING STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE HALL DESIGNED WITH
STEEL PIPE PROFILES.....

Dragan Bojović, Ksenija Janković, Ljiljana Lončar, Zoran Kačarević, Zoran Romakov

PRIMENA SAMOZBIJAJUĆIH BETONA VISOKIH ČVRSTOĆA
PRACTICAL USE OF HIGH STRENGTH SCC.....

Meri Cvetkovska

TERMIČKA ANALIZA NA OPTOČNIOT TUNEL NA LAČNATA BRANA "SV. PETKA"
THERMAL ANALYSIS OF OUTLET TUNNEL OF ARCH DAM „SV.PETKA”.....

Zoran Đorđević

UTICAJ PRIMENE EVROKODOVA ZA KONSTRUKCIJE NA INVESTITOROV
PRISTUP PROJEKTOVANJU
IMPACT OF STRUCTURAL EUROCODES ON CLIENT'S BEHAVIOR DURING
DESIGN PROCESS.....

Mihajlo Đurđević

JEDNA METODA PRORAČUNA NAPONA I DEFORMACIJA
PREDNAPREGNUTIH PRESEKA
THE ESTIMATE METHOD OF STRESSIS AND STRAINS OF PRESTRESSED
CROSS SECTIONS.....

Srdan Gavrilović, Nenad Jakovljević

IDEJNO REŠENJE MOSTA PREKO REKE ĐETINJE U UŽICU – II NAGRADA
PRELIMINARY DESIGN FOR THE BRIDGE OVER ĐETINJE RIVER IN UŽICE
– SERBIA.....

Dragana Glavardanov, Radomir Folić

ANALIZA METODA ZA POJAČAVANJE ELEMENATA IZLOŽENIH
SMICANJU FRP KOMPOZITIMA
METHOD ANALYSIS FOR SHEAR STRENGTHENING WITH FRP
COMPOSITES.....

Mladen Gogić, Nikola Luković, Jelisava Kalezić

IDEJNO RJEŠENJE SA STUDIJOM IZVODLJIVOSTI ZA KOMPLEKS
"JUSOVAČA"
GENERAL SOLUTION WITH STUDY OF REALIZATION FOR COMPLEX
"JUSOVAČA".....

Milan Kekanović, Čeh Arpad

POLUMONTAŽNE SUPERLAKE KASETIRANE STIROFERT
ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE
SEMPREFABICATED EXTRA-LIGHTWEIGHT POLYSTIRENE-FERT
REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS.....

Dorđe Ladinović

PROCENA SEIZMIČKIH PERFORMANSI GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA
ESTIMATION OF SEISMIC PERFORMANCES OF CIVIL ENGINEERING
STRUCTURES.....

Duško Lučić, Biljana Ščepanović, Srđa Aleksić, Nadežda Lučić

GLAVNI PROJEKAT KONSTRUKCIJE ZA ELA CENTAR U PODGORICI
ELA CENTAR IN PODGORICA – MAIN DESIGN OF STRUCTURE.....

Major János

PERMEABILITET I TRAJNOST BETONA
PERMEABILITY AND DURABILITY OF CONCRETE.....

Major János

RUDAS BATH RECONSTRUCTION
REKONSTRUKCIJA RUDAS PARNOG KUPATILA.....

Vojislav Mihailović, Aleksandar Landović, Dragoljub Lajić

NOVI OBLIK KALKULATORA ZA GRAĐEVINCE 'Calculatotor Cn05'
NEW APPLICABLE SOFTWARE FOR 'Calculatotor Cn05'.....

Dragan Milašinović, Aleksandar Landović

PRIMENA REOLOŠKO-DINAMIČKE ANALOGIJE U METODI KONAČNIH
ELEMENATA
RHEOLOGICAL-DYNAMICAL ANALYSIS OF STEEL BAR USING BY FINITE
ELEMENT METHOD.....

Mihajlo Muravljev, Dejan Bajić

PRORAČUN OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA PUTEM
ZALEPLJENIH KARBONSKIH TRAKA
DESIGN METHOD FOR STRENGTHENING OF CONCRETE STRUCTURES
WITH CARBON STRIPS.....

Mihajlo Muravljev, Dejan Bajić

PROBLEMATIKA ANKERISANJA KARBONSKIH TRAKA ZA OJAČANJE AB
KONSTRUKCIJA
ANCHORAGE LENGTH OF CARBON STRIPS USED IN STRENGTHENING OF
CONCRETE STRUCTURES.....

Nikola Muravljev, Branimir Božić

OJAČANJE NOSEĆEG ZIDA U SKLOPU REKONSTRUKCIJE RESTORANA
"VIDIN KAPIJA" U BEOGRADU
STRENGTHENING OF LOAD BEARING WALL IN "VIDIN KAPIJA"
RESTAURANT.....

Ivanka Netinger, Zlata Dolaček, Damir Papac

PREDNAPETE ŠUPLJE PLOČE PROIZVOĐAČA «VIBROBETON, VINKOVCI»
PRESTRESSED HOLLOW CORE SLABS BY PRODUCER «VIBROBETON,
VINKOVCI».....

Aleksandar Pakvor

METODA PARCIJALNIH KOEFICIJENATA
PARTIAL FACTOR METHOD.....

Života Perišić, Mirko Ačić

EVROKODOVI ZA KONSTRUKCIJE I NAŠE GRAĐEVINARSTVO
STRUCTURAL EUROCODES AND OUR CONSTRUCTION INDUSTRY.....

Slobodan Petrović, Bojan Arandelović, Dragan Mirković
LIFTOVANJE A-B SVODOVA NA HRAMU SVETOG SAVE U BEOGRADU
LIFTING ARCHES ON ST. SAVA CHURCH IN BELGRADE.....

Zoran Popović, Slobodan Petrović
KONTROLA SILE U KABLOVIMA NAKNADNO PREDPREGNUTIH
KONSTRUKCIJA
CONTROL OF FORCE IN CABLES OF POSTTENSIONED STRUCTURES.....

Aleksandar Ristovski
PRSLINE I DEFORMACIJE PARCIJALNO PRETHODNO NAPREGNUTIH
PRESEKA
CRACKING AND DEFORMATIONS OF PARTIALY PRESTRESSED
CONCRETE SECTIONS.....

Vladimir Sigmund, Tanja Kalman, Ivica Guljaš
APPLICABILITY OF THE NON-LINEAR WALL MODELS
PRIMENLJIVOST NELINEARNIH MODELA ZA ZIDOVE.....

Boško Stevanović, Nebojša Bunčić, Ivan Glišović
VIBRACIJE DRVENIH TAVANICA
VIBRATION OF TIMBER FLOORS.....

Ljubomir Vlajić, Miroslav Bešević, Danijel Kukaras, Marko Ostojić
EKSPERIMENTALNA ANALIZA GRANIČNE NOSIVOSTI AB STUBOVA
OJAČANIH VV ZAVRTNJEVIMA, POLIKARBONATNIM LAMINATIMA I
POLIKARBONATNIM TKANINAMA I KRATKIH STUBOVA OD ČELIKA
EXPERIMENTAL LIMIT BEARING CAPACITY ANALYSIS OF SHORT
COLUMNS MADE OF STEEL AND RC STRENGTHENED WITH
PRESTRESSED BOLTS, FRP SHEETS AND FRP LAMINATES.....

Ljubomir Vlajić, Ilija Miličić, Uglješa Brajković
NOVI POSTUPAK ZA REGISTROVANJE PROMENE GEOMETRIJE
MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA
NEW PROCEDURE FOR DETECTING CHANGES IN GEOMETRY OF BRIDGE
STRUCTURES.....

Ljubomir Vlajić, Tadić Ljiljana
ANALIZA OŠTEĆENJA SA ASPEKTA STANJA MATERIJALA DRUMSKOG
MOSTA U ULICI KRALJA PETRA U MLADENOVCU
MATERIAL DAMAGE ANALYSIS OF THE OVERPASS IN KING PETAR
STREET IN MLADENOVAC.....

Venera Vukašinović-Simonović
OSVRT NA EUROKODOVE 3 I 9 - SLIČNOSTI I RAZLIKE
OVERVIEW: EUROCODES 3 AND 9 - SIMILARITIES AND DIFFERENCES

Biljana Vukelić Mikić, Nenad Jakovljević
IDEJNO REŠENJE MOSTA PREKO REKE ĐETINJE U UŽICU - I NAGRADA
PRELIMINARY DESIGN FOR THE BRIDGE OVER ĐETINJE RIVER IN UŽICE
– SERBIA.....

SEKCIJA: ARHITEKTURA I URBANIZAM
SECTION: ARCHITECTURE AND URBAN DEVELOPMENT

Viktorija Aladžić
UPUTSTVA KRALJEVSKOG KOMESARA FERENCA SKULTETIJA ZA
UREĐENJE MARIJA TEREZIPOLISA
INSTRUCTIONS BY ROYAL COMMISSIONER FERENC SCULTETY FOR
URBAN PLANNING OF MARIA THERESIOPOLIS.....

Branislav Bijelić
KONTINUITET IZRADA PROSTORNO – PLANSKE DOKUMENTACIJE NA
TERITORIJI OPŠTINA U REPUBLICI SRPSKOJ
CONTINUITY OF THE PREPARATION OF SPATIAL-PLANNING
DOCUMENTATION IN THE TERRITORY OF REPUBLIC OF SRPSKA
MUNICIPALITIES

Branka Blagojević, Slavko Lukić, Biljana Gajić
URBANISTIČKI PLAN BIJELJINE - PREDNOSTI, SLABOSTI, MOGUĆNOSTI
RAZVOJA
URBAN DEVELOPEMENT PLAN OF BIJELJINA: ADVANTAGES,
WEAKNESSES, DEVELOPEMENT POSIBILITIESS

Nebojša Čamprag
STAMBENE GRAĐANSKE PRIZEMNICE I NJIHOVA BUDUĆNOST U
URBANOM JEZGRU
RESIDUAL GROUND-FLOOR HOUSES OF URBAN TYPE AND THEIR
FUTURE IN URBAN CENTRE.....

Malina Čvoro
MOGUĆNOSTI TRANSFORMACIJE GRADSKIH TRGOVA U GRADOVIMA
ZAPADNE R. SRPSKE
POSABILLYTIS OF TRANSFORMATION THE TOWN SQUERS IN WEST
PART OF REPUBLIC OF SRPSKA

Saša Čvoro
STEPENICE KAO KARAKTERISTIČAN SAVREMENI ARHITEKTONSKI
DETALJ
THE STAIRCASES LIKE CHARARTERISTIC DETAIL IN CONTEMPORARY
ARCHITECTUR

Tijana Dragović

ANALIZA PRIRODNIH I STVORENIH USLOVA ŠIRE ZONE
KOSANČIĆEVOG VENCA

ANALYSIS OF NATURAL AND ARTIFICIAL CONDITIONS OF KOSANČIĆEV
VENAC WIDER AREA.....

Dejan Filipović, Velimir Šećerov, Nenad Krčum

STRATEŠKA PROCENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU NA PRIMERU GP
SMEDEREVA I PPO SMEDEREVO

STRATEGIC ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT-EXAMPLE OF
SPATIAL PLAN OF MUNICIPALITY SMEDEREVO AND MASTER PLAN OF
SMEDEREVO.....

Ivan Hegediš

ZNAK I URBANI PROSTOR

SIGNS AND URBAN SPACE.....

Milica Maksić

ANALIZA GRADSKOG TRGA U RAZLIČITIM PRAVCIMA URBANOG
DIZAJNA

CITY SQUARE ANALYSIS IN DIFFERENT VIEWS OF URBAN DESIGN.....

Борислав Стојков

РЕГИОНАЛНИ АСПЕКТИ ПРОСТОПНОГ РАЗВОЈА ОПШТИНЕ КЛАДОВО
REGIONAL ASPECTS OF URBAN DEVELOPMENT OF KLADOVO

MUNICIPALITY.....

Milan Trifković, Miroslav Kuburić

ULOGA KATASTRA U PLANIRANJU I IZGRADNJI GRADSKOG PODRUČJA
THE IMPORTANCE OF REAL ESTATE REGISTRY IN PLANING AND URBAN

AREA CONSTRUCTION.....

Jelena Velev

URBANITET KAO OBELEŽJE GRADSKOSTI

URBANITY AS A SYMBOL OF CITYNESS.....

SEKCIJA: MENADŽMENT
SECTION: MANAGEMENT

Dragan Arizanović

PROJECT MANAGER – STVARANJE TIMA

PROJECT MANAGER – TEAM BUILDING.....

Dejan Beljaković

SAVREMENA ORGANIZACIONA STRUKTURA GRADITELJSKOG
PROJEKTA

CONTEMPORARY ORGANIZATIONAL CHART IN THE CONSTRUCTION
PROJECTS.....

Dejan Beljaković, Željko Rusmir

SAVREMENI SOFTVERI U GRADITELJSKOM MENADŽMENTU

CONTEMPORARY SOFTWARE IN PROFESSIONAL CONSTRUCTION PROJECT
MANAGEMENT.....

Jelena Božilović - Ristoska

ISTRAŽIVANJE EKSPLOATACIONE POUZDANOSTI GRAĐEVINSKIH
MAŠINA

RESEARCH ON THE EXPLOATATION RELIABILITY OF THE MACHINES IN
CONSTRUCTION INDUSTRY.....

Zoran Cekić

INTERNACIONALNE KONKURENTSKE PREDNOSTI GRAĐEVINSKIH
KOMPANIJA

INTERNATIONAL COMPETITIVE ADVANTAGES OF CONSTRUCTION
COMPANIES

Goran Ćirović

PRETHODNA STUDIJA OPRAVDANOSTI I STUDIJA OPRAVDANOSTI ZA
IZGRADNJU OBJEKATA PREMA NOVOM PRAVILNIKU

PREFEASIBILITY STUDY AND FEASIBILITY STUDY FOR CONSTRUCTION
STRUCTURES ACCORDING TO THE NEW REGULATIONS.....

Velimir Dutina

KONCEPT RUKOVOĐENJA NA GRADILIŠTU U ZAVISNOSTI OD MODELA
ORGANIZACIONE STRUKTURE

LEADING CONCEPT ON THE SITE DEPENDING ON THE MODEL OF
ORGANIZATIONAL STRUCTURE.....

Nenad Ivanišević, Predrag Petronijević

NOVI FIDIC-ovi USLOVI UGOVORA ZA IZGRADNJU MBR

HARMONIZOVANO IZDANJE

NEW FIDIC CONDITIONS OF CONTRACT FOR CONSTRUCTION MDB

HARMONIZED EDITION

Mariza Katavić, Siniša Matić, Anita Cerić
BUSINESS EDUCATION FOR CONSTRUCTION MANAGERS
POSLOVNO OBRAZOVANJE GRAĐEVINSKIH MANAGERA.....

Miloš Knežević, Živojin Prašćević
IMPLEMENTACIJA PLANA UPRAVLJANJA RIZIKOM PROJEKTA
PLAN IMPLEMENTATION OF THE MANAGEMENT FOR THE PROJECT
RISK

Miodrag Kovačević, Predrag Popović, Ljubiša Kovačević
DINAMIČKO UPRAVLJANJE PROJEKTOVANJEM METODOM KRITIČNOG
NIZA
DYNAMIC PROJECT MANAGEMENT WITH THE CRITICAL CHAIN.....

Kazimir Kurij
PROJEKT MENADŽMENT U NAŠOJ GRADITELJSKOJ PRAKSI
PROJECT MANAGEMENT IN CONSTRUCTION PRACTICE.....

Erika Malešević
ORGANIZACIONI OBLICI U PROJEKTNOM PROCESU
ORGANIZATIONAL FORMS IN PROJECT'S PROCESS.....

Dejan Marinković
MODEL ZA OCENU POSLOVANJA GRAĐEVINSKE FIRME
MODEL FOR CONSTRUCTION COMPANY PERFORMANCE EVALUATION....

Medgyessy Katalin
PANELES ÉPÜLETEK FELÚJÍTÁSA MAGYARORSZÁGON
REKONSTRUKCIJA OBJEKTA GRAĐENIH KRUPNOPANELNIM SISTEMOM
U MAĐARSKOJ.....

Predrag Milošević
BEOGRAD, GRAD BUDUĆNOSTI JUGOISTOČNE EVROPE – NOVE
SMERNICE U MENADŽMENTU RAZVOJA GRADA
BELGRADE, A CITY OF THE FUTURE OF SOUTH-EAST EUROPE – NEW
DIRECTIONS IN MANAGEMENT OF THE CITY DEVELOPMENT

Ratko Mitrović
PREDLOG MODELA ORGANIZACIJE KOMPANIJA KOJE IZVODE OBJEKTE
INFRASTRUKTURE
PROPOSE MODEL ORGANIZATION COMPANIES WHICH CONSTRUCTION
OF INFRASTRUCTURE OBJECTS.....

Želimir Petrović
POSLOVI NA PRIPREMI GRADILIŠTA
PREPARATION WORKS ON THE SITE.....

Valentina Radonjić

ENGLJSKI JEZIK U GRADITELJSKOM MENADŽMENTU
ENGLISH LANGUAGE IN CONSTRUCTION MANAGEMENT.....

Petar Ravas

RAZVOJ SISTEMA UPRAVLJANJA PROJEKTIMA U GRADITELJSKOJ
PRAKSI
DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT

Atila Sam

TEZE O VAŽNOSTI LJUDSKIH RESURSA U SAVREMENOM SVETU
THESES ON THE IMPORTANCE OF HUMAN RESOURCES IN THE
CONTEMPORARY WORLD.....

Slavko Savić

KALKULACIJE U GRAĐEVINARSTVU: PRORAČUN PRAGA
RENTABILNOSTI ZA IZGRADNJU OBJEKATA
CONSTRUCTION COSTING CALCULATION OF RENTABILITY THRESHOLD
FOR BUILDING CONSTRUCTION

Atila Segedi, Dragana Vujičić

UPRAVLJANJE POSTUPKOM ZA DOBIJANJE ODOBRENJA ZA
IZGRADNJU
MANAGING THE PROCESS FOR ATTAINING A BUILDING LICENCE.....

Szerencsés Gyula

MODERNE GRAĐEVINSKE TEHNOLOGIJE ZA IZVOĐENJE SILOSA
-ISKUSTVA U IZVOĐENJU ČELIČNIH SILOSA-
MODERN ENGINEERING TECHNOLOGIES FOR STEEL SILOS
CONSTRUCTION -EXPERIANCES IN STEEL SILOS CONSTRUCTION-

Milan Stamatović

MENADŽMENT ZNANJEM
KNOWLEDGE MANAGEMENT.....

Jana Šelih, Aleksander Srdić

TIME AND CAUSE DELAY ANALYSIS IN CONSTRUCTION PROJECTS
VREMENSKA I UZROČNA ANALIZA ZAKAŠNENJA KOD IZVOĐENJA
GRAĐEVINSKIH PROJEKATA.....

Milan Trivunić, Zoran Matijević

STUDIJE GRAĐEVINSKOG MENADŽMENTA NA GRAĐEVINSKOM
ODSEKU FTN U NOVOM SADU
THE STUDIES OF CONSTRUCTION MANAGEMENT AT THE DEPARTMENT
OF CIVIL ENGINEERING AT FTS IN NOVI SAD.....

SEKCIJA: SAOBRAĆAJNICE I GEOTEHNIKA
SECTIONS: ROADS AND GEOTECHNICS

Lidija Babić, Ranko Babić

USE OF DISCRETE ELEMENTS FOR SOIL MODELLING
PRIMENA DISKRETNIH ELEMENATA U MODELIRANJU TLA.....

Suzana Koprivica

NOSIVOST ANKERNIH FUNDAMENATA U GLINI OPTEREĆENIH
VERTIKALNOM ZATEŽUĆOM SILOM
BEARING CAPACITY OF THE ANCHOR FOUNDATIONS IN CLAY LOADED
BY VERTICAL TENSION FORCE.....

Sonja Kostić, Eva Lovra, Anzelm Rind, Branko Simić, Boško Simovljević, Csilla Varga

ALTERNATIVNI OBLICI NASTAVE MEHANIKE TLA
ALTERNATIVE TEACHING METHODS IN SOIL MECHANICS.....

Dragan Lukić, Petar Anagnosti

DEFORMACIJE I POMERANJA U ZONI PLASTIFIKACIJE OKO TUNELSKOG
ISKOPA
DEFORMATIONS AND DISPLACEMENTS IN PLASTIC ZONE AROUND
TUNNEL CAVITY.....

Siniša Maričić, Ivana Barišić, Martina Tomašević

IZVEDBA AB DIJAFRAGME ZA OSIGURANJE DUBOKOG TEMELJENJA
OBJEKTA »EURO-DOM« U OSIJEKU
RC-DIAPHRAGM REALIZATION FOR FOUNDATION WORK PROTECTION
OF THE »EURO-DOM« BUILDING IN OSIJEK.....

Siniša Maričić, Tatjana Mijušković-Svetinović, Vladimir Patrčević

VELIKE VODE I NASIPI BARANJE
HIGH WATER AND FLOOD PROTECTION DIKES IN BARANJA.....

Слободан Огњеновић, Златко Зафировски

УТИЦАЈ ПУТА НА ЕКОЛОШКУ БЕЗБЕДНОСТ ПУТА
ROAD INFLUENCE OF THE ECOLOGICAL SAFETY OF THE ENVIRONMENT

Zdenka Popović

SAVREMENI ŠINSKI PRIČVRSNI PRIBOR
MODERN RAIL FASTENING SYSTEM.....

Radmila Sindić-Grebović

UTICAJNI PARAMETRI KOD IZRADE CEMENTNE STABILIZACIJE
INFLUENTIAL PARAMETERS OF SOIL-CEMENT BASE.....

Mirjana Tomičić-Torlaković

SAVREMENI PRISTUP PROBLEMU NABORANOSTI ŠINSKE GLAVE

MODERN APPROACH TO RAIL HEAD CORRUGATION PROBLEM.....

Elefterija Zlatanović, Dragan Lukić

JET GROUTING – OPŠTI PRINCIPI

JET GROUTING –COMMON PRINCIPLES.....

EVALUATION OF STRENGTH AND DAMAGE INDEXES FOR BUILDINGS

Brana, Petar¹
Sigmund, Vladimir²

UDK:699.88

INTRODUCTION

In order to evaluate and improve seismic capacity of existing buildings 'seismic safety evaluation' and 'retrofitting' are very important tasks. Engineers make these evaluations with different methods, from too simple to too sophisticated ones.

The presented method combines experimental data and engineering knowledge for evaluation of the seismic safety factors and expected structural performance under strong events. It makes distinction between the structures with problems and those without problems and is a quick way to check the behavior of structures against expected seismic demands.

The method could also be used for choice of the optimal strengthening method and for verification of the quality of performed strengthening works. Proposed methodology can be considered as a useful engineering tool to provide a base for the planning of measures of restoration and reinforcement and to check their success. It roughly covers three vulnerability assessment levels required in the EC8: general stability, strength capacity and lateral displacements capacity.

Keywords: structural evaluation, safety indices, choice of strengthening, cost evaluation

EVALUATION OF THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS

Preliminary Structural Investigation

Preliminary structural investigation includes building inspection with records of the structural geometry, structural system, and observed damages. The standard non-destructive material and structural element tests are used for determination of the basic building material characteristics.

Measuring of the Dynamic Characteristics

Ambient vibrations or micro-tremor measurements are performed for obtaining the fundamental dynamic characteristics of the structure: fundamental frequencies, mode

¹ Brana, Petar, University J.J.Strossmayer in Osijek, Faculty of Civil Engineering, Drinska 16a, 31000 Osijek, Croatia

² Sigmund, Vladimir, University J.J.Strossmayer in Osijek, Faculty of Civil Engineering, Drinska 16a, 31000 Osijek, Croatia

shapes and damping values. Its advantages are that they do not require heavy and expensive equipment to introduce the excitation forces, can be conducted without traffic interruption and enable identification of vibration modes with frequencies below 1 Hz. The disadvantages are related to the lack of control and quantification of the excitation forces. That brings difficulties in the evaluation of damping factors or in the identification of the dynamic properties associated with vibration modes poorly excited by the ambient vibration.

Dynamic response of the structure, excited with low intensity forces with flat amplitude spectrum, contains vibrations in all their modes. Each mode is presented with peak in the amplitude response spectrum. Amplitude response spectra at each measuring point are averaged (minimum 32 times) in order to decrease the variance caused by the FFT, to increase deterministic part of the signal (structural response) and thus decrease the accidental part (noise). We obtain natural forms by measuring the response at various places and normalizing them to take into account different excitation levels. Dynamic experiments performed on the structure give us the insight into its state. By knowing dynamic characteristics (natural frequencies, forms and damping values) we are able to exactly determine structural stiffness, masses and to take into account such problematical things as torsion, stiffness changes, wall-slab stiffness, accumulated damage, ground-structure interaction, etc. Measured frequencies and mode shapes (horizontal and vertical) define horizontal and vertical distribution of earthquake forces. Their intensity is determined on the basis of estimated mass intensity and code defined response spectra for particular building location. Modal participation factor (γ = participation factor for the first-mode shape normalized so that the value at the top level is unity) and modal ordinates at each level (φ_1) are obtained by measurement.

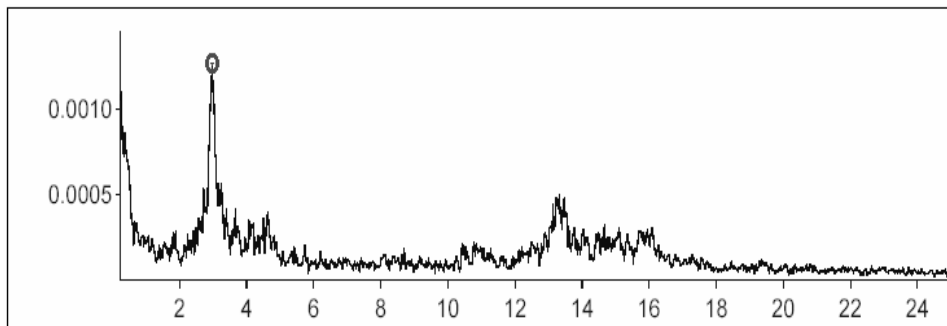


Figure 1. Amplitude response spectra

EVALUATION OF THE STRUCTURAL SAFETY FACTORS

Strength Capacity Safety Factor (Strength Index Iss)

There are three elements to be taken into account for each story Strength Capacity Safety factor (Iss) evaluation.

Site Geological Parameter (G)

When the measured fundamental frequency of the structure (T_s) and measured fundamental frequency of the adjacent soil (T_g determined by Nakamura (H/V) method or approximately $T_g=0,6\text{sec}$ for stiff and $T=1,2\text{sec}$ for soft ground) are close to resonance:

$$0,8 \leq T_s/T_g \leq 1,2$$

then calculated expected earthquake forces are to be increased by $G=1.25$, otherwise $G=1.00$.

Expected Horizontal Forces (V_{eq})

The expected horizontal forces for the chosen return period are calculated on the basis of the measured natural frequencies, forms, damping values and EC8 design response spectra for the respective ground. Total horizontal seismic force is distributed into story forces along the height according to the measured natural forms.

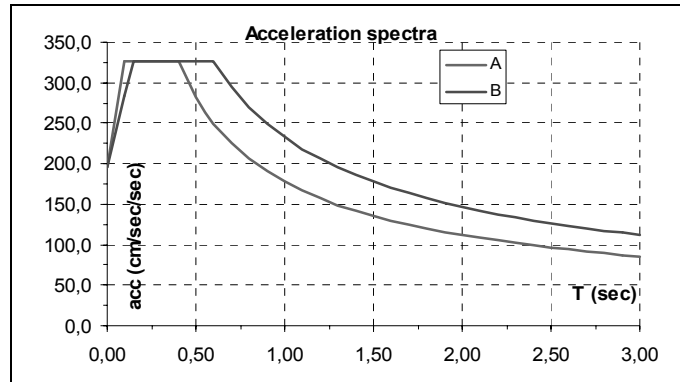


Fig. 1. EC8 response spectra for ground type A, B, $q=1.5$, $\alpha=200\text{gal}$

Shear Capacities of the Story (V_{st})

Shear capacity of each story (V_{st}) is a sum of shear capacities of columns, walls and bracing systems located in the particular story. Shear capacity of the element is based on the conservative estimate of the respective shear capacities.

The story strength index I_{ss} is determined for each story as

$$I_{ss} = (V_{eq} * G) / V_{st}$$

_ 1

*Where V_{eq} =expected horizontal shear force caused by earthquake, V_{st} =shear capacity of the story's structural elements, G =site geological parameter.

The Building Strength Index Iso is

$$I_{so} = \min(I_{ss})$$

_ 2

On the basis of Iso we conclude that if:

Iso > 1.0 the structure is not safe for expected seismic actions.

0.75 < Iso < 1.0 the structure needs more detailed analysis in order to establish its safety.

Iso < 0.75 the structure is safe for expected seismic actions.

General Overturning Stability Safety Factor (Ios)

After we have determined the probable seismic forces (from EC8 response spectra and natural frequency) and their vertical distribution along the height (on the basis of measured forms) the overall Overturning Stability Safety Index **Ios** is calculated as follows:

$$I_{os} = M_o / M_s$$

_ 3

**Where Mo is overturning moment provided by foundation (Mo=WBmin) and Ms is overturning moment caused by earthquake forces (Ms=ΣG*Ei*Hi); Ei=earthquake force at Level I; Hi=height of the level I from the base; W=total weight of the structure, Bmin=minimum width of the foundations, G=site geological parameter 1 or 1.25.*

The building is safe against overturning if its Overturning Safety Index is **Ios>1.5**.

DISPLACEMENT SAFETY FACTOR (DAMAGE INDEX Id)

The expected damage in building depends on displacements, story drift, material quality, structural system and construction details. Nonstructural damage does not compromise the structural stability but affects its functionality and the allowable drift ratio is defined in view of the contents and function of the structure. Therefore, allowable story drift is defined on the basis of accepted performance level.

Expected nonlinear drift is calculated by the methodology outlined in (Lepage & Sozen, 1997). They claim that expected nonlinear drifts that could occur during earthquake are lower or equal to the drifts calculated by linear spectral analysis for 2% damping.

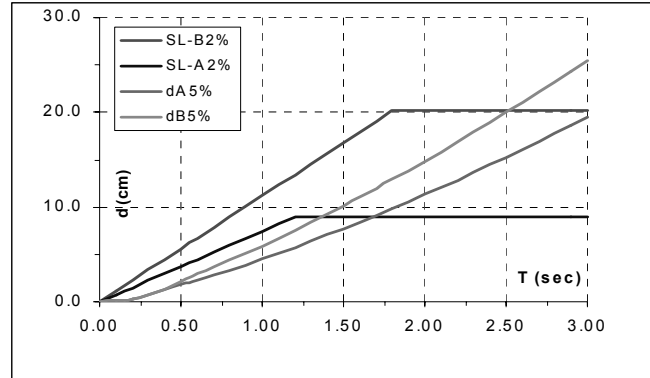


Fig. 2. EC8 and Sozen-Lepage nonlinear displacement spectra
The following relation applies:

$$DR = \begin{cases} 1/TR & \text{for } TR < 1 \\ 1 & \text{for } TR \geq 1 \end{cases} \quad _4$$

*Where: $TR = \text{period ratio} = (T_o * \sqrt{2}) / T_g$ (earthquake period); $DR = \text{drift ratio} = (\text{nonlinear drift}) / (\text{linear drift for 2\% damping})$.

For a MDOF system, with a reasonably uniform distribution of story mass and stiffness, the maximum displacement at any level i ($D_{max,i}$) may be estimated using:

$$D_{max,i} = \gamma * \varphi_i * \frac{F_a * \alpha * g * T_g}{(2 * \pi)^2} * T_{eff} \quad _5$$

*Where: γ = participation factor for a given mode shape (obtained from the measured natural form); φ_i = ordinate defining the assumed mode shape at level i (also obtained by measurement); F_a = acceleration amplification factor (usually 3.75); α = peak ground acceleration expressed as a coefficient of the acceleration of gravity; g = acceleration of gravity; T_g = measured characteristic period of the ground motion; $T_{eff} = T_s (\text{measured period of vibration}) * \sqrt{2}$ is effective structural vibration period for the first mode.

Base shear strength plays a minor role by drift evaluation, but it should be above a minimum value defined by an equation:

$$C_y = \alpha * (1 - TR) \geq \alpha / 6 \quad _6$$

So, by using the outlined methodology, Story Damage Index **Idi** is determined in two steps:

1. Using T_g (measured or determined on the ground of geotechnical characteristics), T_{eff} ($T_o(\text{measured}) * 1.41$), γ (modal participation factor-measured) and EC8 design spectra for the particular location and return period we can determine expected maximum drift at

the top level and estimate lateral deformation at each level. From these we can calculate the upper bound of the expected nonlinear drift story drift at each level. (Δ_i)

2. Story Damage Index (I_{di}) for each story is calculated as:

$$I_{di} = (\Delta_i) / (\Delta_{pi}) \quad _7$$

**Where: Δ_i - evaluated story drift at level I; Δ_{pi} - permissible story drift defined in view of contents and function of the structure.*

If $I_{di} > 1.0$ story $-i$ has an unacceptable performance.
If $I_{di} \leq 1.0$ story $-i$ has an acceptable performance and has to be strengthened.

EXAMPLE STRUCTURE

The office building in Osijek was built in the year 1957. as typical masonry structure at that time designed for vertical and wind loadings only. It consists of basement, ground floor with gallery and four floors ($A=10.69 \times 12.06\text{m}$) with an average height of 2.8m. Total building is 17,0m above the ground. Various owners have adapted the building several times and the works were especially intensive at the ground floor where structure lost some of its resisting system for horizontal seismic loads.

In order to properly establish the real structural state and define the best strengthening method investigation of material and structural characteristics were necessary. They consisted of: (a) evaluation of material characteristics; (b) check of the walls homogeneity by non-destructive methods; (c) ambient vibration measurement in both main directions. Seismic safety indices were calculated after the material characteristics (shear capacity), natural frequencies and forms of the structure, natural frequency of the surrounding ground and the EC8 design response spectra were known. Strength capacity safety factor I_{ss} for four floors were lower than accepted and the structure had to be strengthened.

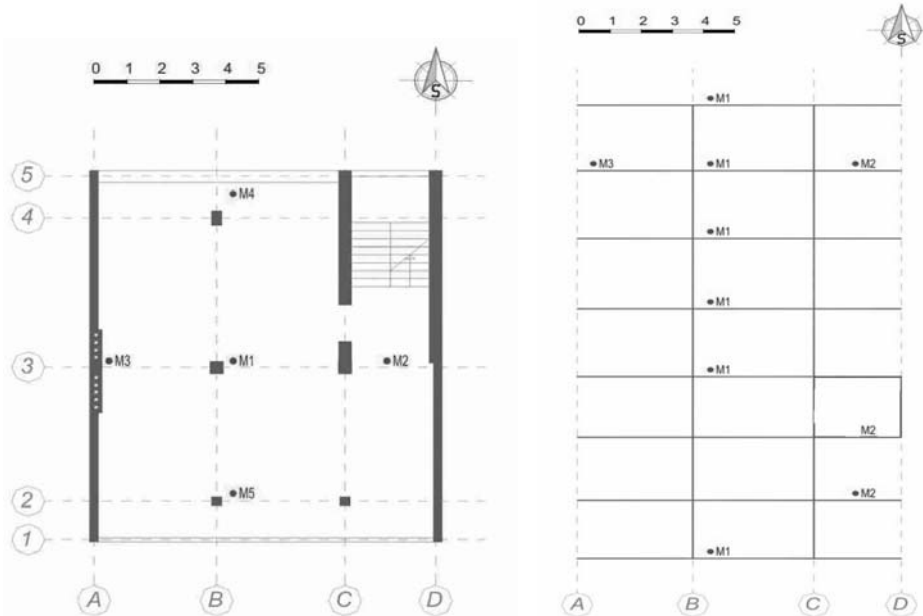


Fig. 3. Plan and vertical cross-section of the example structure

Total seismic force											2366.61	
Distribution of the seismic forces												
	H	X1	Gk	Gk*X1	Gk*X1^2	Eta	Eta1	Ei	Ve _q	h1	M	
	(m)		(kN)					(kN)	(kN)	(m)	(kNm)	
roof	16.80	1.00	1081.4	1081.4	1081.4	1.26	0.21	502.47				
4 floor	13.94	0.97	1417.9	1375.4	1334.1	1.22	0.21	487.39	989.86	2.86	1437.1	
3 floor	11.14	0.92	1530.3	1407.9	1295.2	1.16	0.20	462.27	1452.12	2.80	4206.6	
2 floor	8.34	0.7	1439.4	1007.6	705.3	0.88	0.15	351.73	1803.85	2.80	8274.6	
1 floor	5.54	0.51	1762.3	898.8	458.4	0.64	0.11	256.26	2060.11	2.80	13325.4	
gallery	2.74	0.42	1603.0	673.3	282.8	0.53	0.09	211.04	2271.14	2.80	19093.7	
ground floor	0.00	0.19	456.0	86.6	16.5	0.24	0.04	95.47	2366.61	2.74	25000.0	
0.00	0.00	4.71	9290.3	6530.9	5173.7	5.95	1.00	2366.61				
				Hs=	0.792	G=	1.262					
Overturning safety stability factor				Ios=		5.84						
Strength Index Iss												
	Ve _q	Ax	Wx	tauX	Vu	IO	K	Iss				
	(kN)	(m ²)		(kNm ²)	(kN)							
roof	502.5											
4 floor	989.9	0.59	35.1	1677.7	957.2	1.03	0.90	0.93				
3 floor	1452.1	0.59	35.1	2461.2	957.2	1.52	0.90	1.37				
2 floor	1803.9	0.59	35.1	3057.4	957.2	1.88	0.90	1.70				
1 floor	2060.1	0.70	35.1	2943.0	1135.6	1.81	0.90	1.63				
gallery	2271.1	0.71	35.1	3193.4	1153.8	1.97	0.90	1.77				
ground floor	2366.6	1.89	35.1	1252.2	3066.2	0.77	0.90	0.69				
Shear carried by concrete							Vu1=	1622.34	Iso=			1.77
Damage index Id												
	a	(PGA)=	0.3	g	Cy=	0.33005						
	Tg	=	0.6	sec	a/6=	0.05						
					Drmax	G1	Dt					
					0.052	1.262	0.093					
Damage Index Id												
	H	X1	Eta	h1	Di	Di	Dp	Id				
	(m)			(m)	(%)	(%)	(%)					
roof	16.80	1.00	1.26		0.093							
4 floor	13.94	0.83	1.05	2.86	0.077	0.554	0.9533	0.58				
3 floor	11.14	0.66	0.83	2.80	0.061	0.566	0.9333	0.61				
2 floor	8.34	0.49	0.62	2.80	0.046	0.566	0.9333	0.61				
1 floor	5.54	0.33	0.42	2.80	0.031	0.532	0.9333	0.57				
gallery	2.74	0.16	0.20	2.80	0.015	0.566	0.9333	0.61				
ground floor	0.00	0.20	0.26	2.74	0.019	0.000	0.9133	0.00				
0.00	0.00	3.67	4.64									

Tab. 1. Evaluation of the safety indices for existing (HLK0) structure

**Where: H =story height from the reference plane; $X1$ =measured natural forms normalized to 1 at the top level; Q_k =story weight; $E_{ta}=X1*\gamma$; E_{ta1} =amount of the total seismic force attributed to the respective story; E_i =story seismic force; V_{eq} =story shear force; K =corrective facto, I_{ss} =strength capacity safety factor of the story; I_{di} =lateral displacement safety factor of the story; I_{os} =general overturning stability factor.*

Combining structural characteristics for both directions and after several trials the best strengthening method, from the strength and economic point of view, has been chosen. A new reinforced-concrete wall has been added in the axis 3-3 between axis C-D. Beams and columns along axis 3-3 and B-B have been strengthened, masonry wall in the axis A-A has been homogenized by filling in the chimney holes, the wall in axis C-C has been strengthened by adding the reinforced concrete jackets. Additionally, the new reinforced-concrete slab 6cm thick has been added at the 1st and 3rd floor level. Measurements of the dynamic characteristics were done at several stages during strengthening performance (Table 2. and 3.). The quality of the performed works and chosen strengthening method has been continually checked in that way.

Model	Date	Description
HLK0	01.04.2003.	Existing structure
HLK5	02.09.2003.	Finished strengthening works.

Tab. 2. Experimental stages

Model	N-S			E-W		
	Calc. F1	Meas. f1	Damping%	Calc. F1	Meas. F1	Damping%
HLK0	5,0	5,1	3%	2,5	2,8	7%
HLK5	4,8	5,1	3%	2,4	3,2	3%

Tab. 3. Measured dynamical properties

In the Figures 4. and 5. presented are measured and calculated natural forms for E-W direction at the initial and strengthened state. Modified numerical model, that included measured foundation flexibility, has been used for correlation analysis. Various building stages were measured and numerically analyzed (3D ETABS model).

Total seismic force												2366.61	
Distribution of the seismic forces													
	H	X1	Gk	Gk*X1	Gk*X1^2	Eta	Eta1	Ei	Ve _q	h1	M		
	(m)		(kN)					(kN)	(kN)	(m)	(kNm)		
potk	16.80	1.00	1081.4	1081.4	1081.4	1.36	0.24	556.85					
4k	13.94	0.95	1417.9	1347.0	1279.7	1.29	0.22	529.01	1085.86	2.86	1592.6		
3k	11.14	0.77	1530.3	1178.3	907.3	1.05	0.18	428.77	1514.63	2.80	4633.0		
2k	8.34	0.59	1439.4	849.2	501.1	0.80	0.14	328.54	1843.17	2.80	8874.0		
1k	5.54	0.43	1762.3	757.8	325.8	0.58	0.10	239.45	2082.62	2.80	14034.8		
priz	2.74	0.32	1603.0	513.0	164.1	0.44	0.08	178.19	2260.81	2.80	19866.2		
pod	0.00	0.19	456.0	86.6	16.5	0.26	0.04	105.80	2366.61	2.74	25862.4		
o.oo	0.00	4.25	9290.3	5813.4	4275.9	5.78	1.00	2366.61					
				Hs=	0.74	Γ=	1.36						
Overturning safety stability factor				Ios=		5.61							
Strength capacity safety factor I_s													
	Ve _q	A _x	W _x	tauX	V _u	I ₀	K	I _{ss}					
	(kN)	(m ²)		(kN/m ²)	(kN)								
potkrovlje	556.8												
4.kat	1085.9	1.87	35.1	580.7	3033.8	0.36	0.90	0.32					
3.kat	1514.6	1.87	35.1	810.0	3033.8	0.50	0.90	0.45					
2.kat	1843.2	2.00	35.1	921.6	3244.7	0.57	0.90	0.51					
1.kat	2082.6	2.00	35.1	1041.3	3244.7	0.64	0.90	0.58					
galerija	2260.8	2.85	35.1	793.3	4623.7	0.49	0.90	0.44					
prizemlje	2366.6	2.87	35.1	824.6	4656.1	0.51	0.90	0.46					
Shear carried by concrete							V _{u1} =	1622.34	Iso= 0.58				
Damage indeks Id													
				α (PGA)=	0.3	g	C_y=	0.50118					
				T_g	=	0.6	sec	α/6=	0.05				
				D_{max}	0.052	G1	1.360	Dt	0.100				
Damage Index Id													
	H	X1	Eta	h1	Dl	Dl	Dp	Id					
	(m)			(m)	(m)	(%)	(%)						
potk	16.80	1.00	1.36		0.100								
4k	13.94	0.83	1.13	2.86	0.083	0.596	0.9533	0.63					
3k	11.14	0.66	0.90	2.80	0.066	0.609	0.9333	0.65					
2k	8.34	0.49	0.67	2.80	0.049	0.609	0.9333	0.65					
1k	5.54	0.33	0.45	2.80	0.033	0.573	0.9333	0.61					
priz	2.74	0.16	0.22	2.80	0.016	0.609	0.9333	0.65					
pod	0.00	0.20	0.28	2.74	0.020	0.000	0.9133	0.00					
o.oo	0.00	3.67	4.99										

Tab. 1. Evaluation of the safety indices for existing (HLK0) structure

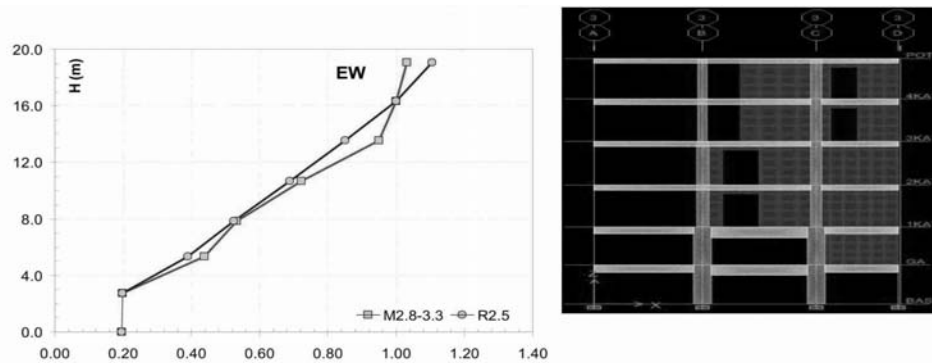


Fig. 4. HLK0 Measured (M) and calculated (R) natural forms

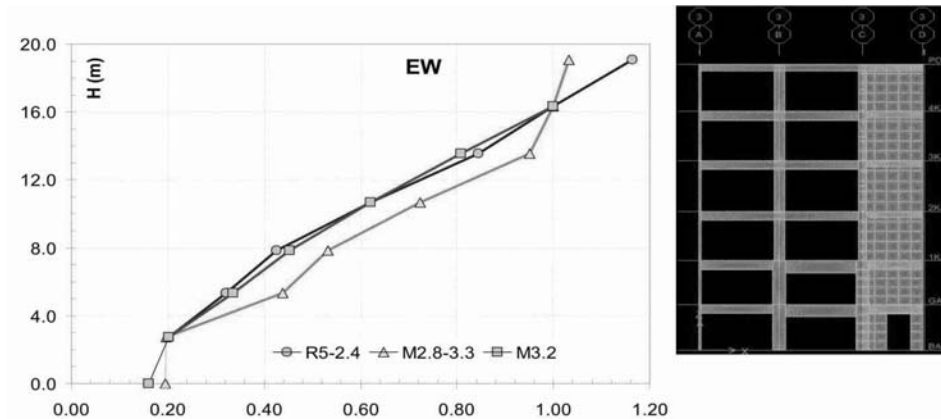


Fig. 5. HLK5 Measured (M) and calculated (R) natural forms

It can be observed that numerical models, no matter how precise, poorly represent the true structural behavior and state. At the initial stages, when many uncertainties are present, numerical model must be calibrated by experimental values in order to represent the true structural behavior.

Discontinuities in the measured vertical forms and high damping values indicated lack of vertical stabilizing element and high-energy dissipation at the story levels.

Seismic safety indices were calculated again after the works were finished using the measured dynamic characteristics (HLK-5) and the EC8 design response spectra. All seismic safety indices were satisfactory. Damping values decreased and were now in the expected range due to the wall homogenization and continuity of the vertical oscillation forms. Building behaved continuous and homogeneous system with decreased torsional effects.

CONCLUSION

In order to evaluate and improve seismic capacity of existing buildings and to distinguish between the structures that could be strengthened for a reasonable amount of money 'seismic safety evaluation' and 'retrofitting' are very important tasks. Engineers make these evaluations with different methods, from too simple to too sophisticated ones.

The described procedure is simple and sound enough as it combines testing procedure with common engineering knowledge and, if necessary, with sophisticated numerical procedures. Good results can be obtained even with a limited number of measurement points.

It is shown that proposed method allows distinction between the structures without problems and those with severe problems and presents a quick way to check the behavior of structures against seismic demands. It can also be used for a choice of the optimal strengthening method and for verification of the quality of performed strengthening works.

The outlined method is simple, combines experimental data and engineering knowledge for evaluation of the seismic safety factors and expected structural performance under strong events. It allows distinction between the structures without problems and those with severe problems and is a quick way to check the behavior of structures against seismic demands contained in design codes, using the design spectra for the zone in which the building is located. It can also be used for choice of the optimal strengthening method and for verification of the quality of performed strengthening works. Proposed methodology can be considered as a useful engineering tool to provide a base for the planning of measures of restoration and reinforcement and to check their success.

REFERENCES

1. Sigmund, V., Brana, P., Zovkic, J.: „Choice of the optimal strengthening technology“, *XIII WCEE*, Vancouver, CAN, 2004.
2. Sigmund V., Herman K.: "Dynamic characteristics as indicator of structural integrity", *IABSE Colloquium, IABSE Report Volume 77*. Berlin, 1998.
3. Sigmund, V., Ivanković, T., Brana, P.: "Structural Evaluation by Use of Dynamic Tests", *2nd International congress on studies in ancient structures, Yildiz Technical University, Faculty of Architecture*, 80750 Yildiz, Istanbul, Turkey, 2001.
4. Research reports on: "*The structural stability by dynamic measurements-buildings*" performed at the University of Osijek, Faculty of Civil Engineering, 1999.-2003.
5. Lepage, A. and Sozen, M.A., A Method for Drift-control in Earthquake-Resistant Design of RC Building Structures, University of Illinois, Urbana, 1997.
6. Sigmund V., Herman, K., Guljaš, I., An evaluation of the displacement controlled design procedures, *XII WCEE*, Auckland, New Zealand, 30.-04.02.2000.
7. Sigmund, V., Matošević, Dj., Brana, P., Possibilities for evaluating seismic drift by linear and non-linear methods, *the III Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering*, February 21-25, 2000, Istanbul, Vol. 1
8. Olaru, D. RC and masonry structures. Seismic risk evaluations and RC jacketed strengthening design procedures, *11th European Conference on Earthquake Engineering*, 1998 Balkema, Rotterdam

PRORAČUN NOSIVOSTI I INDEKS OŠTEĆENJA ZGRADA

Rezime: Kod proračuna i poboljšanja seizmičke otpornosti postojećih zgrada “proračun seizmičke sigurnosti” i “ojačanje” predstavljaju veoma značajne zadatke. Inženjeri vrše ove proračune različitim metodama, od onih suviše jednostavnih do onih suviše komplikovanih.

Predstavljeni metod kombinuje eksperimentalne podatke i inženjersko iskustvo za proračun seizmičkih faktora sigurnosti i očekivanog ponašanja u slučaju jakih zemljotresa. On pravi razliku između problematičnih konstrukcija i onih koje nemaju probleme, takođe predstavlja i brz način za proveru usklađenosti ponašanja konstrukcije sa onim koje je predviđeno seizmičkim propisima.

Metod takođe može biti korišćen za odabir optimalnog načina ojačanja i proveru kvaliteta izvedenog ojačanja. Predložena metodologija može da se posmatra kao koristan inženjerski alat u smislu stvaranja baze za planiranje mera rekonstrukcije i ojačanja, kao i za proveru njihove uspešnosti. Okvirno, pokrivena su tri nivoa procene osetljivosti kako je to propisano u EC8: opšta stabilnost, nosivost i horizontalna pomerljivost.

Ključne reči: proračun konstrukcija, indeksi sigurnosti, izbor ojačanja, procena

MULTILEVEL MESH FREE METHOD FOR THE TORSION PROBLEM

Kozulic, V.¹
Gotovac, B.¹
Colak, I.²

UDK:519.6:624.042.6

Abstract: *This paper presents a mesh free method for solving the torsion problem of prismatic bars. The Fup basis functions, which belong to a class of Rvachev's infinitely derivable finite functions, are applied. The possibility to calculate exactly and simply the derivation values of Fup basis functions of a high degree, enables an efficient application of the procedures of a strong formulation. Instead of traditional discretization into finite elements, the problem domain and its boundaries are represented in the proposed method by set of nodes. By collocation method a system of equations is formed, in which differential equation of the problem is satisfied in collocation points of a closed domain while boundary conditions are satisfied exactly at the domain boundary. The proposed mesh free method enables multilevel approach where approximate solution of arbitrary accuracy is attained by hierarchic increasing the number of basis functions on the domain. Values of the main solution function and all the values derived from the main solution are calculated in the same points since numerical integration is avoided. The presented numerical model is illustrated on examples of linear and elasto-plastic analyses of prismatic bars subjected to torsion. The propagation of plastic zones in the cross-section is monitored by applying the incremental-iterative procedure until failure.*

Key words: *mesh free method, basis functions, universality, collocation method, multilevel numerical model, plastic failure*

1. INTRODUCTION

The method presented in this work belongs to mesh free methods which represent a new approach in the modeling of engineering problems (Liu, 2003). The concept of mesh free method is to establish a system of algebraic equations for the whole problem domain without the use of a predefined mesh. The results obtained using this new class of numerical methods are more accurate than those obtained using FEM, as there are no stress discontinuity problems existing on the interfaces between the finite elements. In the past few years there has been an intensive development of mesh free methods for solving of complex processes and problems described by partial differential equations (Atluri, 2005; Griebel & Schweitzer, 2003).

In mesh free methods, the construction of basis functions is the central issue. The domain for field variable approximation (the support domain) should be small compared

¹ Faculty of Civil Engineering and Architecture University of Split, Matice hrvatske 15, 21000 Split, Croatia.

² Faculty of Civil Engineering, University of Mostar, Kralja Zvonimira 14, 88000 Mostar, Bosnia and Herzegovina

with the entire problem domain (compact support). Satisfaction of the compact condition leads to a banded system matrix that can be handled with good computational efficiency. Therefore, finite basis functions with a small support, which don't depend upon the type and degree of the boundary-value problem, shall be selected. Basis functions must be infinitely derivable, and what is the most important, their linear combination must give a good approximation of the function from the appurtenant space of the boundary problem solution. For the numerical solution not to be too complex, it is necessary to calculate simply enough the values of the basis functions and their derivatives as well as the scalar products of the function with itself, its derivatives and elementary functions. Satisfaction of these requirements ensures both easy implementation of the mesh free method and accuracy of the numerical solutions.

Functions, which are implemented in the numerical analyses in this work, are the $Fup_n(x,y)$ basis functions. They belong to a class of finite, infinitely derivable functions (Rvachev & Rvachev, 1971) named after they authors Rvachev's basis functions. The existing knowledge on this class of functions is systemized by Gotovac & Kozulic, 1999. Basis functions are transformed into numerically applicable form, and first steps for their use in practice realized. These basis functions have good approximation properties as well as very important property of universality (Rvachev & Rvachev, 1979), which means that the vector space of n -th dimension is contained within the vector space of $(n+1)$ dimension. This property enables a hierarchic adding of basis functions in the domain to the initial base of an approximate solution.

In development of numerical model in this work, the collocation method has been applied. The domain of the problem and its boundaries are represented by a set of distributed nodes. Selection of nodes is important for obtaining stable and accurate results. The process of node generation can be fully automated by a computer. The numerical model for the linear and nonlinear elasto-plastic analysis of prismatic bars subjected to torsion is developed by applying mesh free method with Fup basis functions. The described algorithm is transferred to the computer program which uses incremental-iterative procedure for monitoring the propagation of plastic zones in the cross-section until failure. It enables an analysis of bars with cross-sections of different shapes including a single and multiplex boundary. The multilevel process enables the hierarchic increase in the number of basis functions in the entire analyzed domain or only in its particular parts. The presented model is illustrated on numerical examples. The results of the analysis are compared with the existing exact solutions.

2. FUP BASIS FUNCTIONS

Fup basis functions belong to a class of Rvachev's basis functions. Among Rvachev's functions, the simplest one is the function $up(x)$, Fig. 1. Function $up(x)$ is a finite function with the support $[-1, 1]$, which is obtained as a solution of non-homogeneous differential-functional equation:

$$up'(x) = 2 up(2x + 1) - 2 up(2x - 1) \quad (1)$$

with the norm condition:

$$\int_{-1}^1 \text{up}(x) dx = 1 \quad (2)$$

Function $\text{up}(x)$ can be expressed in an integral form (Rvachev & Rvachev, 1971):

$$\text{up}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} \prod_{j=1}^{\infty} \left(\frac{\sin(t2^{-j})}{t2^{-j}} \right) dt \quad (3)$$

It is an even, infinitely derivable function, which is not analytical in any of the points of its support. Expression (3) is inadequate for calculation of function $\text{up}(x)$ values. Gotovac & Kozulic (1999) provided numerically more adequate expression for calculating function $\text{up}(x)$ values in an arbitrary point $x \in [0, 1]$ in the following form:

$$\text{up}(x) = 1 - \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{1+p_1+\dots+p_k} p_k \sum_{j=0}^k C_{jk} (x - 0, p_1 \dots p_k)^j \quad (4)$$

where coefficients C_{jk} are rational numbers determined according to the following expression:

$$C_{jk} = \frac{1}{j!} 2^{j(j+1)/2} \text{up}(-1 + 2^{-(k-j)}); \quad j = 0, 1, \dots, k \quad (5)$$

$$k = 1, 2, \dots, \infty$$

Expression $(x-0, p_1 \dots p_k)$ in Eq. (4) is the difference between the real value of coordinate x and its binary form with k bits, where $p_1 \dots p_k$ are the digits 0 or 1 of the binary development of the coordinate x value. Therefore, the accuracy of coordinate x computation, and thus the accuracy of function $\text{up}(x)$ in an arbitrary point, depends upon the accuracy of a computer. In binary-rational points the function $\text{up}(x)$ values are calculated exactly in the form of a rational number. Those points of the function $\text{up}(x)$ support are called characteristic points.

From Eq. (1) it can be concluded that the function $\text{up}(x)$ derivatives can be calculated simply from the values of the function itself.

General expression for the derivative of the m -th degree is:

$$\text{up}^{(m)}(x) = 2^{C_{m+1}^2} \sum_{k=1}^{2^m} \delta_k \text{up}(2^m x + 2^m + 1 - 2k), \quad m \in \mathbb{N} \quad (6)$$

where $C_{m+1}^2 = m(m+1)/2$ are the binomial coefficients and δ_k are the coefficients of value ± 1 which determine the sign of each term. They change according to the following recursive formulas:

$$\delta_{2k-1} = \delta_k, \delta_{2k} = -\delta_k, k \in \mathbb{N}, \delta_1 = 1 \quad (7)$$

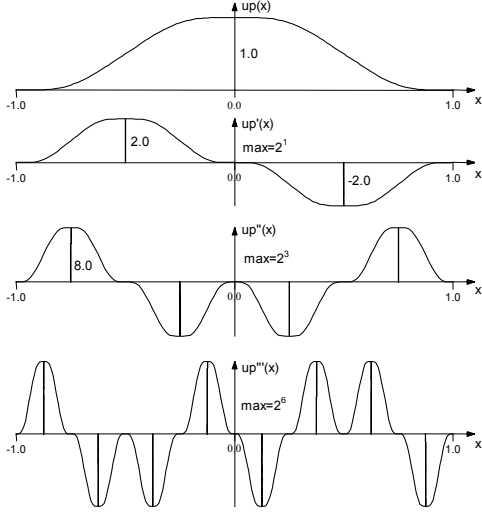


Fig. 1. Function $up(x)$ and its first three derivatives

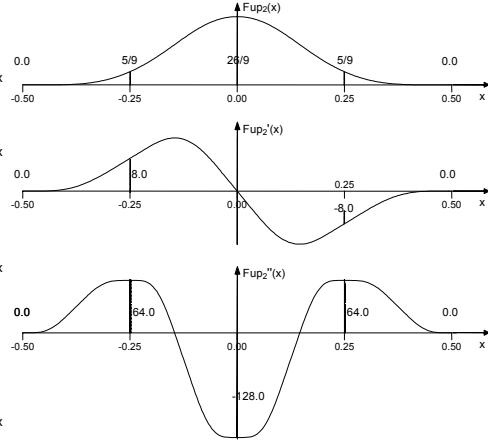


Fig. 2. Function $Fup_2(x)$ and its first two derivatives

Figure 1 shows the function $up(x)$ and its derivatives. It can be observed that the derivatives consist of the function $up(x)$ "compressed" to the interval of length 2^{-m+1} and with ordinates "extended" by the $2^{C_{m+1}^2}$ factor.

A family of $Fup_n(x)$ functions was developed according to the $up(x)$ function. $Fup_n(x)$ functions and their derivations retain the properties of $up(x)$ function, but they are more suitable for numerical analyses. Index n denotes the greatest degree of a polynomial which can be expressed accurately in the form of linear combination of basis functions obtained by displacement of function $Fup_n(x)$ by a characteristic interval 2^{-n} . When $n = 0$:

$$Fup_0(x) = up(x) \quad (8)$$

Function $Fup_n(x)$ values are calculated using linear combination of displaced $up(x)$ functions:

$$Fup_n(x) = \sum_{k=0}^{\infty} C_k(n) up\left(x - 1 - \frac{k}{2^n} + \frac{n+2}{2^{n+1}}\right) \quad (9)$$

where coefficient $C_0(n)$ is:

$$C_0(n) = 2^{C_{n+1}^2} = 2^{n(n+1)/2} \quad (10)$$

and other coefficients are determined as $C_k(n) = C_0(n) \cdot C'_k(n)$, where a recursive formula is used for calculation of auxiliary coefficients $C'_k(n)$:

$$C'_0(n) = 1, \text{ when } k = 0; \text{ i.e. when } k > 0$$

$$C'_k(n) = (-1)^k C_{n+1}^k - \sum_{j=1}^{\min\{k; 2^{n+1}-1\}} C'_{k-j}(n) \cdot \delta_{j+1} \quad (11)$$

Function $Fup_n(x)$ support is determined according to:

$$\text{supp } Fup_n(x) = \left[-(n+2)2^{-n-1}; (n+2)2^{-n-1} \right] \quad (12)$$

Derivatives of the function $Fup_n(x)$ are also obtained by linear combination of derivatives of displaced functions $up(x)$ according to expression (9). Figure 2 shows function $Fup_2(x)$ and its first two derivatives.

Basis function for numerical analyses of two dimensional problems is obtained as Cartesian product of functions (9) by each coordinate axis:

$$Fup_n(x, y) = Fup_n(x) \cdot Fup_n(y) \quad (13)$$

In solving of the given problem by the collocation method i.e. solving of the partial differential equation of n -th order and satisfying of kinematics and dynamic boundary conditions, values of all partial derivatives of the function $Fup_n(x, y)$ shall be known, n -th order included. Calculation of all required derivatives of function $Fup_n(x, y)$ can be written in an algorithm form according to Eq. (13). Fig. 3 gives an axonometric presentation of basis function $Fup_2(x, y)$ and its partial derivatives.

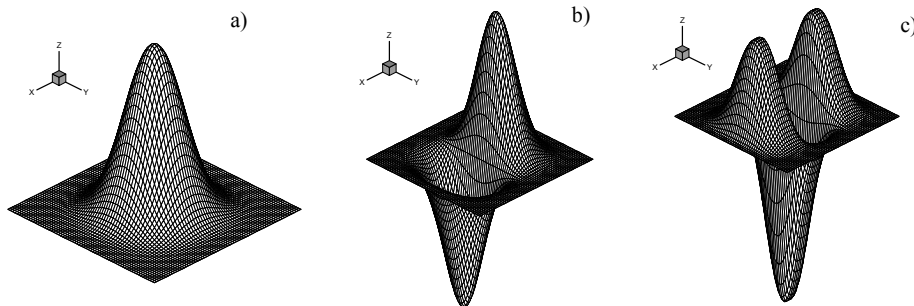


Fig. 3. a) $Fup_2(x, y)$; b) $\frac{\partial Fup_2(x, y)}{\partial x}$; c) $\frac{\partial^2 Fup_2(x, y)}{\partial x^2}$

3. APPLICATION OF THE MESH FREE METHOD TO THE ANALYSIS OF THE TORSION PROBLEM WITH FUP BASIS FUNCTIONS

The first step of mesh free method procedure is the domain representation. The solid body of the structure is represented using set of nodes distributed in the problem domain and its boundary. The density of the nodes depends on the accuracy requirement of the analysis.

An approximate solution of differential equation:

$$L u(x, y) = f(x, y) \quad (14)$$

with respective boundary conditions, is sought by the collocation method in the form of linear combination:

$$u_N(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot \varphi_{ij}(x, y) \quad (15)$$

by solving system of equations of $(n \cdot m) \times (n \cdot m)$ dimension:

$$L u_N(x_k, y_\ell) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot L \varphi_{ij}(x_k, y_\ell) = f(x_k, y_\ell), \quad 1 \leq k \leq n, \quad 1 \leq \ell \leq m \quad (16)$$

where L is the differential operator, $\varphi_{i,j}$ are basis functions, and $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_m)$ are collocation points. Function $u_N(x, y)$ belongs to N -dimensional subspace X_N which represents the set of all linear combinations of basis functions $\{\varphi_{ij}: 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m\}$. In order to obtain the collocation matrix it is not necessary to perform numerical integration but only to calculate $L \varphi_{ij}(x_k, y_\ell)$ images of the basis functions under the operator L .

It is known that functionality of the collocation method depends on the selection of basis functions $\varphi_{i,j}$ and collocation points (x_i, y_j) . Prenter (1989) proved the stability of numerical procedure with spline functions when collocation is performed in so-called natural knots. He developed proofs for existence and uniformity of the solution and error estimate. Since functions $Fup_n(x, y)$ can be regarded as splines of an infinite degree, it can be shown that for them it is also optimal to perform collocation in natural knots of basis functions, i.e. vertices of basis functions situated in a closed domain such as e.g. for the base in x -direction formed by functions $Fup_2(x)$ shown in Fig. 4.

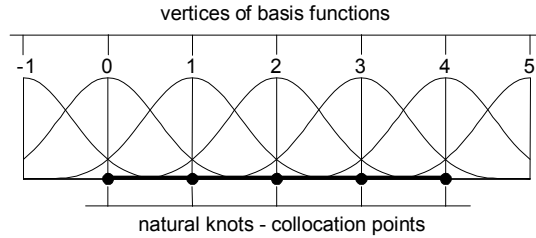


Fig. 4. Collocation points of the base formed by $Fup_2(x)$ functions

This selection of collocation points provides the simplest numerical procedure, banded collocation matrix is obtained, which is diagonally dominant and thus well conditioned. This selection also implies uniformly distributed nodes set in each coordinate direction.

3.1 Analyses of rectangular domains

The torsion problem is reduced to solving of the Poisson's equation:

$$\frac{\partial^2 \Phi(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi(x, y)}{\partial y^2} = -2G\vartheta \quad (17)$$

for an isotropic material, with boundary condition:

$$\Phi|_{\Gamma} = 0 \quad (18)$$

where $\Phi(x, y)$ is the stress function, G is the shear modulus, while ϑ is the angle of twist per unit length of a bar. Torsion rigidity of the cross-section for $\vartheta = 1$ is obtained as double volume under the surface of stress function Φ :

$$C_t = 2 \iint \Phi \, dx \, dy \quad (19)$$

Approximate solution base is formed on the unit virtual domain defined in the system (ξ, η) according to a scheme shown in Fig. 5.

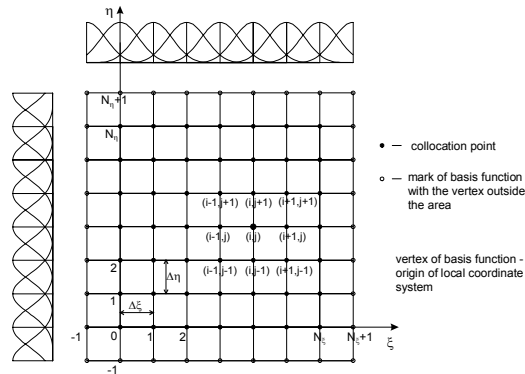


Fig. 5. Distribution of basis functions on the unit virtual domain

Assuming that cross-section of a bar can be contained within one rectangular fragment of $a \times b$ dimensions, differential equation of the problem (17) and boundary condition (18) can be written as:

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{1}{b^2} \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} = -2G\vartheta \quad ; \quad 0 \leq \xi \leq 1, 0 \leq \eta \leq 1 \quad (20)$$

$$\Phi(\xi, \eta) = 0 \quad \text{for } \xi = 0, \xi = 1, \eta = 0, \eta = 1 \quad (21)$$

Collocation is performed in $(N_\xi + 1) \times (N_\eta + 1)$ equidistant points, while basis functions with the vertex outside the domain are retained so the basis functions set can be complete. Thus, governing equation (20) is satisfied in all collocation points of the domain except in corners; boundary condition (21) is satisfied in all collocation points of the domain sides, while three more conditional equations are satisfied in corners. Boundary conditions are therefore exactly satisfied on the domain boundary and not only discretely in collocation points.

Using the Fup basis functions and a strong formulation, the following collocation equations are obtained:

– equations within the domain →

$$\sum_{i=-1}^{N_\xi+1} \sum_{j=-1}^{N_\eta+1} C_{ij} \left(\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{1}{b^2} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} \right) = -2G\vartheta \quad (22)$$

– equations on the sides →

$$\sum_{i=-1}^{N_\xi+1} \sum_{j=-1}^{N_\eta+1} C_{ij} \cdot F_{ij}(\xi, \eta) = 0 \quad (23)$$

– equations in corners →

$$\begin{aligned} \sum_{i=-1}^{N_\xi+1} \sum_{j=-1}^{N_\eta+1} \frac{1}{a^2} C_{ij} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} &= 0 \\ \sum_{i=-1}^{N_\xi+1} \sum_{j=-1}^{N_\eta+1} \frac{1}{b^2} C_{ij} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} &= 0 \\ \sum_{i=-1}^{N_\xi+1} \sum_{j=-1}^{N_\eta+1} \frac{1}{a^2 b^2} C_{ij} \frac{\partial^4 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi^2 \partial \eta^2} &= 0 \end{aligned} \quad (24)$$

In the aforementioned equations N_ξ and N_η denote a number of partitions of a unit domain in directions ξ and η respectively; i and j are counters of basis functions in ξ i.e. η directions, while $F_{ij}(\xi, \eta)$ is the basis function $\text{Fup}_2(\xi, \eta)$ of the point (i, j) . Depending on the number of partitions N_ξ and N_η , function $\text{Fup}_2(\xi, \eta)$ support is condensed to $(4\Delta\xi \times 4\Delta\eta)$; $\Delta\xi = 1/N_\xi$, $\Delta\eta = 1/N_\eta$. Partial derivatives values of basis functions in equations (22)-(24) are determined according to the following expression:

$$\frac{\partial^{(m+n)} F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi^m \partial \eta^n} = \left(\frac{1}{4\Delta\xi} \right)^m \cdot \left(\frac{1}{4\Delta\eta} \right)^n \cdot \text{Fup}_2^{(m+n)} \left(\frac{1}{4\Delta\xi} \xi - \frac{i}{4}, \frac{1}{4\Delta\eta} \eta - \frac{j}{4} \right) \quad (25)$$

Since the function $\text{Fup}_2(\xi, \eta)$ is a finite function with the support consisting of 4×4 characteristic intervals (see Fig. 2), the solution function value at collocation point (i, j) can be approximated by linear combination in the following form:

$$\Phi(\xi_i, \eta_j) = \sum_{k=i-1}^{i+1} \sum_{\ell=j-1}^{j+1} C_{k\ell} \cdot F_{k\ell}(\xi_i, \eta_j) \quad (26)$$

Values of all other basis functions at point (i, j) are equal to zero. Therefore, a support domain of a point (i, j) is 9. In such a way, banded matrix of the system is obtained.

By solving the equation system (22)-(23)-(24), coefficients of linear combination of basis functions C_{ij} are obtained, which can be used to calculate stress function values

Φ from (26) in any point of the cross-section. Shear stress components $\tau_{xz} = \partial\Phi/\partial y$ and $\tau_{yz} = -\partial\Phi/\partial x$ are calculated with the same accuracy as the main solution.

3.2 Analyses of curvilinear domains

Surface of the given domain shall be described in a way that mapping matrix and all required partial derivatives of elements of the inverse mapping matrix can be found in each point of the domain. It is important that the surface can be easily and accurately divided into mutually equal partitions in each coordinate direction in order to fulfill the requirement of equidistance of collocation points on the domain.

Parametric form is extremely adequate for description of surfaces and, using the Coons formulation (Yamaguchi, 1988), can be written in the following form:

$$\begin{aligned}
P(\xi, \eta) = & [(1-\xi) \quad \xi] \begin{bmatrix} Q(0, \eta) \\ Q(1, \eta) \end{bmatrix} + [Q(\xi, 0) \quad Q(\xi, 1)] \begin{bmatrix} 1-\eta \\ \eta \end{bmatrix} - \\
& - [(1-\xi) \quad \xi] \begin{bmatrix} Q(0, 0) & Q(0, 1) \\ Q(1, 0) & Q(1, 1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-\eta \\ \eta \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{27}$$

where $Q(0,0)$, $Q(0,1)$, $Q(1,0)$ and $Q(1,1)$ are position vectors at the four corners while $Q(\xi,0)$, $Q(\xi,1)$, $Q(0,\eta)$ and $Q(1,\eta)$ are four boundary curves, see Fig. 6. Changing the parameters ξ and η in equal steps on the interval $[0,1]$, using Eq. (27), equidistant collocation points within the given domain are obtained.

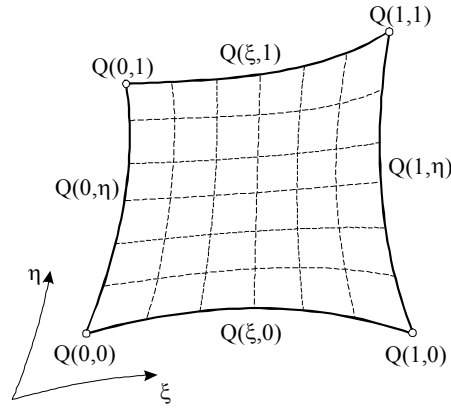


Fig. 6. A Coons surface patch

Thus, for curvilinear domains, partial differential equation of the torsion problem (17) has the following collocation form:

$$\begin{aligned}
\sum_{i=-1}^{N_\xi+1} \sum_{j=-1}^{N_\eta+1} C_{ij} \cdot \left[F_{XX} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + F_{XE} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi \partial \eta} + F_{EE} \frac{\partial^2 F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} + \right. \\
\left. + F_X \frac{\partial F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \xi} + F_E \frac{\partial F_{ij}(\xi, \eta)}{\partial \eta} \right] = -2 G \vartheta
\end{aligned} \tag{28}$$

where:

$$\begin{aligned}
\text{FXX} &= \left(\frac{\partial \xi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \xi}{\partial y}\right)^2; \quad \text{FEE} = \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)^2; \quad \text{FXE} = 2 \cdot \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y}\right) \\
\text{FX} &= \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \left(\frac{\partial \xi}{\partial x}\right)}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \left(\frac{\partial \xi}{\partial x}\right)}{\partial \eta} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \left(\frac{\partial \xi}{\partial y}\right)}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial \left(\frac{\partial \xi}{\partial y}\right)}{\partial \eta} \\
\text{FE} &= \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)}{\partial \eta} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \left(\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial \left(\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)}{\partial \eta}
\end{aligned} \tag{29}$$

Partial derivatives of elements of the inverse mapping matrix in expressions (29) is determined by derivation of parametric equations of a surface (27), while partial derivatives of basis functions are determined according to Eq. (25).

3.3 Multilevel approach

A possibility of a hierarchic expansion of approximate solution base is established on the property of universality of the vector space formed by basis functions $\text{Fup}_2(\xi, \eta)$.

When $N_\xi \times N_\eta$ partitions on one fragment are selected i.e. $(N_\xi + 3) \times (N_\eta + 3)$ basis functions mutually displaced by $\Delta\xi$ in one and $\Delta\eta$ in the other coordinate direction, as shown in Fig. 5, then the selected base is at the “zero level” of approximation. Hierarchic expansion of vector space dimension is obtained by adding of displaced and compressed basis functions. At the first level, functions $\text{Fup}_2(\xi, \eta)$ are added, displaced by $\Delta\xi/2; \Delta\eta/2$ in reference to the functions of zero level, and compressed to a support length $(2\Delta\xi) \times (2\Delta\eta)$. At the second level, added basis functions are displaced by $\Delta\xi/4; \Delta\eta/4$ in reference to “zero level” with the support length $(\Delta\xi \times \Delta\eta)$, which is $1/4$ of the length of basis functions support at zero level. At higher levels of approximation, the base is built by analogy. Fig. 7 shows the distribution of collocation points, in which vertices of basis functions are at the zero, first and second levels of approximation. Compression of the functions to $1/2$ of the support from the preceding level is the consequence of basic properties of basis functions (Gotovac & Kozulic, 1999).

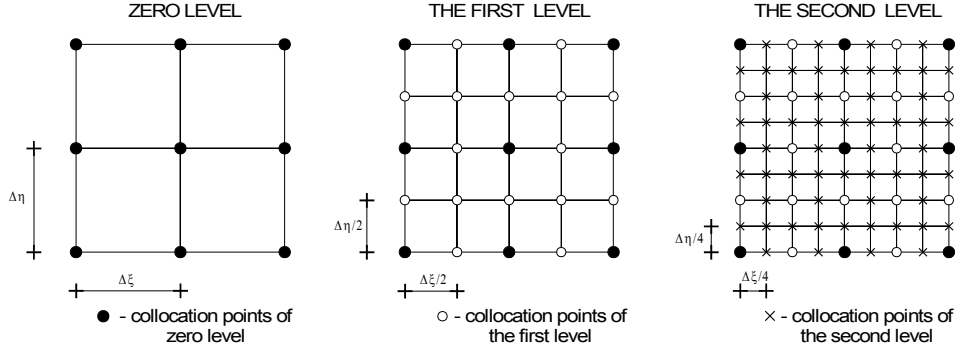


Fig. 7. Hierarchic expansion of a vector space of functions $Fup_2(\xi, \eta)$

Numerical tests (Kozulic & Gotovac, 2000a) for different densities of collocation points showed that it is sufficient to satisfy the boundary conditions with basis functions of zero level while basis functions of higher levels correct the solution.

Procedure of hierarchic expansion of an approximate solution base is appropriate for computer programming. It can be applied in the entire given domain or only a part of the domain e.g. at concentrated load locations, for singularities such as concave breaks in the edge where stress concentration occur, or in plasticity zones in elasto-plastic analyses (Kozulic & Gotovac, 2000b).

4. ELASTO-PLASTIC ANALYSIS OF PRISMATIC BARS TORSION

The material starts to deform plastically when the resulting shear stress in a point reaches a critical value τ_Y . Then, equation (17) is satisfied in elastic part of the domain while the yielding criterion (Hill, 1985):

$$\left(\frac{\partial\Phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\Phi}{\partial y}\right)^2 = \tau_Y^2 \quad (30)$$

is satisfied in its plastic part. The greatest value of the torsion moment occurs when the entire cross-section is plasticized. It is the limit torsion moment M_{pl} . Elasto-plastic analyses includes determination of the angle of twist ϑ at which the material starts to plastify as well as monitoring of the plastic zones until limit moment M_{pl} is obtained.

As common in non-linear numerical analyses, in each iterative step, new stress state is calculated with the assumption that material expansion of behavior is linearly elastic. In this problem, it means that the increase of angle of twist $\Delta\vartheta$ is applied as load only on the elastic part of the cross-section. In the proposed numerical model, decrease of torsion rigidity of a cross-section for purposes of increase of the plastic zone is obtained in way that the Poisson's differential equation is satisfied only in collocation points that are still elastic within the domain while in plasticized points condition $\Phi = 0$ is fulfilled. Similarly, with homogeneous boundary condition, in collocation points on the domain

boundary, differential equation is only set in points with elastic behavior while in plasticized ones the condition is $\partial\Phi/\partial\mathbf{n} = 0$, where \mathbf{n} is the normal on the outer boundary. Since the plasticized zones first occur at the domain boundary and then spread towards the inside of the cross-section, this is a successful numerical simulation of movement of plastic domain boundary in compliance with the membrane analogy.

5. EXAMPLES

5.1 Torsion of a prismatic bar with a square cross-section

Torsion of a bar with a square cross-section and made of isotropic material, shown in Fig. 8, is analyzed for $\vartheta = 1$ by mesh free method using the basis functions $Fup_2(\xi, \eta)$. An analytic solution for this shape of a cross-section is given by Timoshenko & Goodier, 1951. The effect of hierarchic increase in a number of basis functions is illustrated. Fig. 9 shows the convergence diagrams of numerical solution for torsion rigidity value when number of basis functions increases at zero level only, and when approximate solution base is expanded with basis functions of the first and second levels. It can be observed that with the same total number of basis functions, much better numerical solution is obtained if a hierarchic approach is applied than when all basis functions belong to zero level.

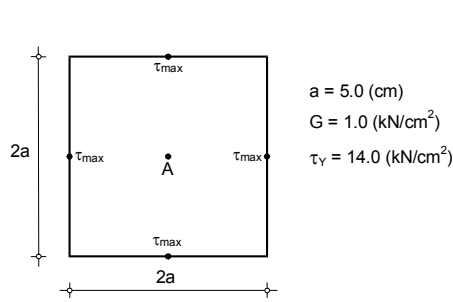


Fig. 8. Square cross-section

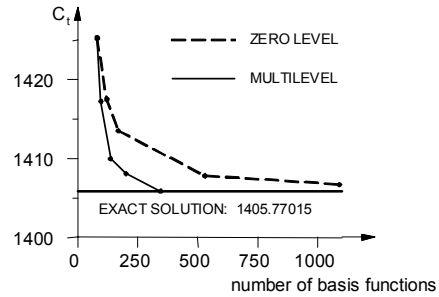


Fig. 9. Diagrams of convergence of torsion rigidity value

Gradual plasticization of the cross section with the increase in the angle ϑ is given in Fig. 10. Assuming that the bar is not deformed until the yielding limit is exceeded, limit torsion moment according to expression $(8\tau_Y a^3)/3$ for the given values equals $M_{pl}=4666.667 \text{ kNcm}$.

Plastic zones first occur at the domain boundary, and then expand towards the inside. At the beginning of non-linear calculation, an initial density of collocation points is selected with 10 partitions in each coordinate direction at zero level. When testing of plasticity criterion determines in which collocation points the yielding has occurred, basis functions are made denser hierarchically according to a scheme given in Fig. 7. Number of basis function is increased only in plastic part of the cross-section while in elastic core initial density at zero level is retained as illustrated in Fig. 10. Thus, movement of the plastic zone boundary is successfully simulated until elastic core completely disappears.

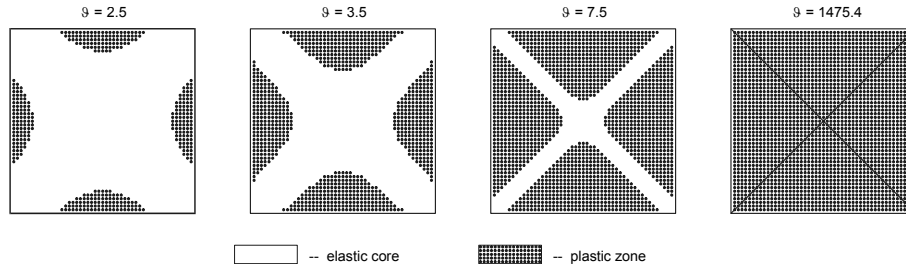


Fig. 10. Plastic yielding of a bar with a square cross-section subjected to torsion moment

5.2 Plastic yielding of a bar with a triangular cross-section

Plastic yielding of a bar with a triangular cross-section is analyzed using the conditions of symmetry as shown in Fig. 11.

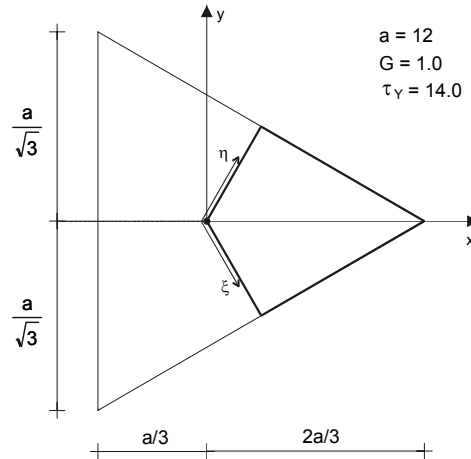


Fig. 11. Triangular cross-section

Theoretical value of the limit torsion moment is equal to the double volume under the stress function surface for a completely plastic cross-section which is:

$$M_{pl} = \frac{2\sqrt{3}}{27} \cdot \tau_Y \cdot a^3 \quad (31)$$

i.e. for the given values $M_{pl} = 3103.835$. Table 1 gives a convergence of a numerical solution obtained by presented mesh free method. N denotes total number of basis functions per each coordinate direction, and is obtained by a hierarchic expansion of the approximate solution base until plastic failure is registered.

	N=4	N=10	N=20	N=50	Exact
M_{pl}	2888.599	3066.411	3094.227	3102.273	3103.835
ϑ_{pl}	196.102	240.026	7602.955	44788.654	∞

Table 1. Convergence of numerical solution for triangular cross-section
 Fig. 12 gives isolines of stress function Φ in the plan and shapes of the stress function Φ over the cross-section ranging from elastic to completely plastic state.

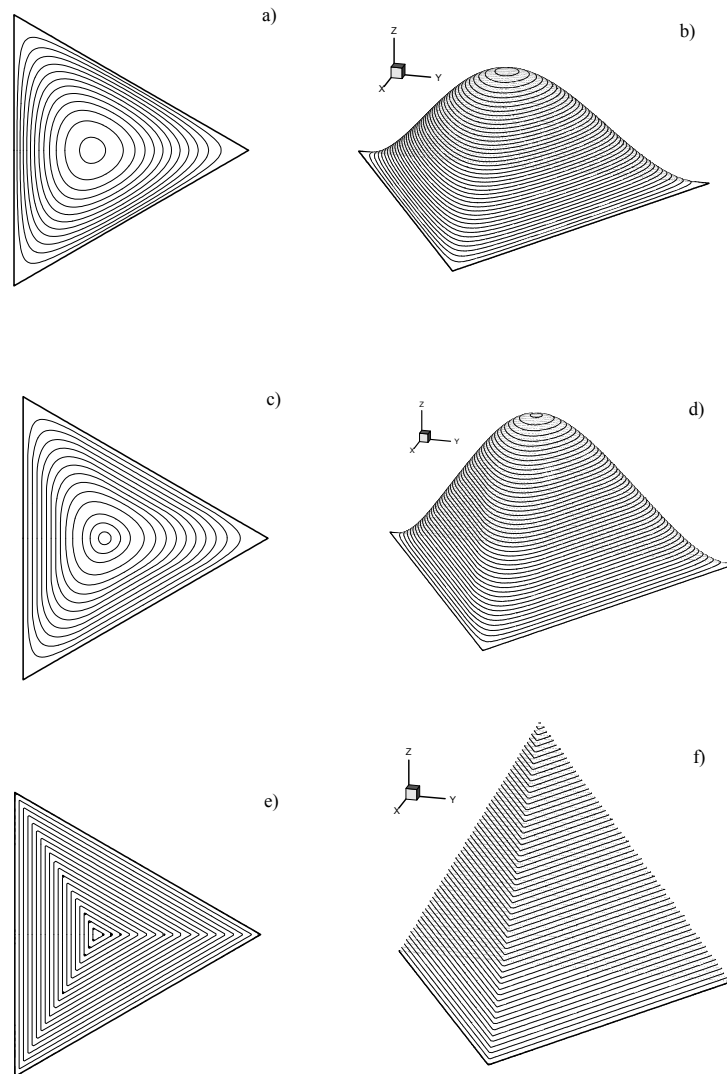
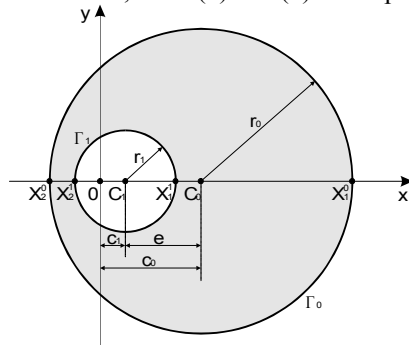


Fig. 12. Yielding of a triangle cross-section: a), b) for $\vartheta = 2.0$; c), d) for $\vartheta = 4.1$; e), f) for $\vartheta = 44788.6$

5.3 Cross-section in the form of an eccentric ring

Linear and nonlinear analyses of a bar with a cross-section in the form of an eccentric ring, shown in Fig. 13, are made. An analytic solution exists for this shape of a cross-section (Lurie, 1970).

The real domain of a cross-section is mapped into virtual unit domain using the expression (27) where sides (1) and (2) (see Fig. 14) are described using the parametric equations of a circle; sides (3) and (4) overlap in a real domain.



$$\begin{aligned} r_0 &= 12 & X_1^0 &= 20 \\ r_1 &= 4 & X_2^0 &= -4 \\ e &= 6 & X_1^1 &= 6 \\ c_1 &= 2 & X_2^1 &= -2 \\ c_0 &= 8 & & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= 1.0 \\ \mathcal{G} &= 1.0 \end{aligned}$$

Fig. 13. Cross-section geometry – eccentric ring

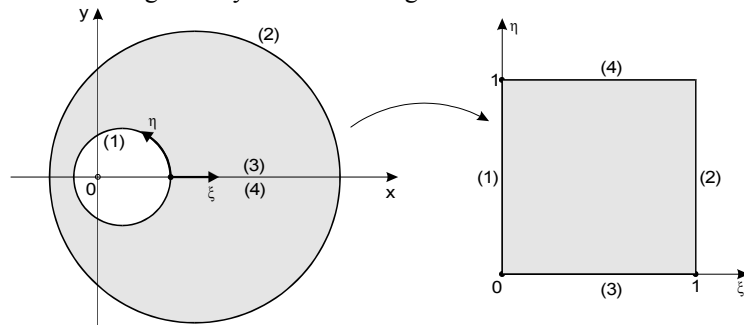


Fig. 14. Mapping of the considered domain from real into virtual unit domain
Fig. 15 shows the stress function surface obtained by the presented mesh free method.

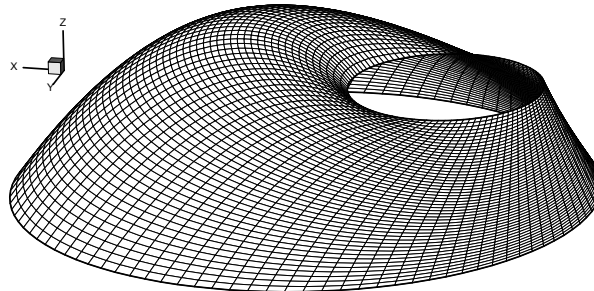


Fig. 15. Stress function surface $\Phi(x,y)$ for the linear analysis

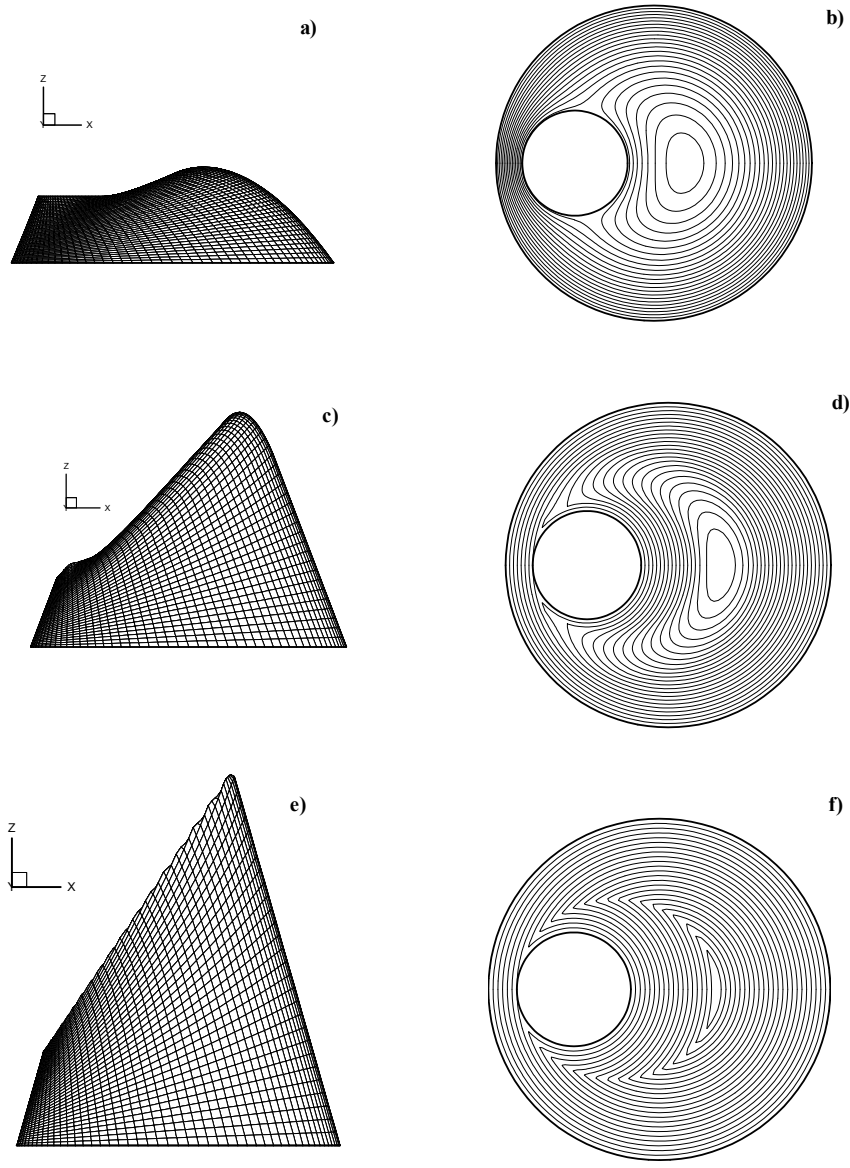


Fig. 16. Yielding of a cross-section in the form of an eccentric ring – surface and isolines of the stress function: a), b) for $\vartheta = 0.5$; c), d) for $\vartheta = 3.285$; e), f) for $\vartheta \rightarrow \infty$
 Convergence of torsion rigidity value C_t and stress function value Φ on the inner boundary Γ_1 with an increase in the number of collocation points is given in Table 2.

Number of collocation points ($N_\xi+1$) \times ($N_\eta+1$)	$\Phi \Big _{\Gamma_1}$	$\frac{\Phi - \Phi_{\text{exact}}}{\Phi_{\text{exact}}}$	C_t	$\frac{C_t - C_{t\text{exact}}}{C_{t\text{exact}}}$
$N_\xi=10, N_\eta=20$	41.387	5.32 %	28345.72	2.57 %
$N_\xi=20, N_\eta=40$	40.279	2.50 %	27976.24	1.24 %
$N_\xi=50, N_\eta=100$	39.649	0.90 %	27768.75	0.48 %
$N_\xi=100, N_\eta=200$	39.445	0.38 %	27701.30	0.24 %
Exact solution	39.297	—	27634.63	—

Table 2. Comparison of the results of linear analysis for an eccentric ring

For the purpose of the elasto-plastic analysis, twist angle ϑ increases to the full plastic yielding. Theoretical value of the limit torsion moment is equal to the double volume under the stress function surface for a completely plasticized cross-section. For the yield stress value $\tau_Y = 14.0$, M_{pl} is 37708.746.

Fig. 16 shows surface shapes and isolines of the stress function Φ obtained for different load increments, from fully elastic to fully plastic state.

6. CONCLUSIONS

Smooth finite functions of Rvachev's class are applied as basis functions in numerical analyses of prismatic bars subjected to torsion. The collocation approach enables efficient, economical and simple procedure.

The proposed mesh free method has very significant advantages: (1) it is very easy to implement because no integration is required; (2) the problem domain and its boundaries are represented by set of nodes without the use of a predefined mesh; (3) an arbitrarily accurate numerical solution is obtained by arbitrary increase in the number of basis functions on the domain; (4) simultaneously, values of the main solution function and all values derived from the main solution are calculated in the same points with the same level of accuracy; (5) all fields derived from the main solution can be expressed by continuous functions on the entire domain; (6) it is possible to increase an accuracy of approximate solution by hierarchic increase of basis function number on the domain, or its parts, without intrusion into the rest of the domain (multilevel approach).

It can be concluded that the presented numerical method efficiently simulates the real non linear behavior. The hierarchic increase in number of basis functions in the model provides a simple way to increase the accuracy of an approximate solution in places where plastic yielding occurs and also accelerates the convergence of incremental-

iterative procedure. The numerical procedure is stable until the cross-section is completely plasticized i.e. until plastic failure occurs. This is the consequence of the fact that numerical integration is avoided so that the criterion of plasticity is tested in the same points for which the values of the solution function are calculated i.e. in collocation points. In comparison with the finite element method based on the weak form, which always records plastic failure before it really happens, the multilevel mesh free method provides more accurate numerical solutions.

7. REFERENCES

- [1] Atluri, S.N. (2005). *Methods of Computer Modeling in Engineering & the Sciences, Volume I*, Tech Science Press, ISBN 0-9657001-9-4, University of California, Irvine
- [2] Gotovac, B. & Kozulic, V. (1999). On a selection of basis functions in numerical analyses of engineering problems. *International Journal for Engineering Modelling*, Vol. 12, No. 1-4, (1999), pp. 25-41, ISSN 1330 1365
- [3] Griebel, M. & Schweitzer, M.A. (Eds.). (2003). *Meshfree Methods for Partial Differential Equations*, Springer-Verlag, ISBN 3-540-43891-2, Berlin
- [4] Hill, R. (1985). *The Mathematical Theory of Plasticity*, Oxford University Press, ISBN 0-19-856162-8, New York
- [5] Kozulic, V. & Gotovac, B. (2000a). Numerical analyses of 2D problems using $F_{upn}(x,y)$ basis functions. *International Journal for Engineering Modelling*, Vol. 13, No. 1-2, (2000), pp. 7-18, ISSN 1330 1365
- [6] Kozulic, V. & Gotovac, B. (2000b). Hierarchic generation of the solutions of non-linear problems, *CD-Rom Proceedings of the European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2000)*, Onate, E. ; Bugada, G. & Suárez, B. (Eds.), Book of Abstracts, pp. 283, ISBN 84-89925-69-0, Barcelona, September 2000, CIMNE, Barcelona
- [7] Liu, G. R. (2003). *Mesh free methods : Moving beyond the finite element method*, CRC Press LLC, ISBN 0-8493-1238-8, Boca Raton
- [8] Lurie, A. I. (1970). *Theory of Elasticity*, Nauka, Moskva
- [9] Prenter, P. M. (1989). *Splines and Variational Methods*, John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-50402-5, New York
- [10] Rvachev, V. L. & Rvachev, V. A. (1971). On a Finite Function. *DAN URSS*, Ser. A, No. 6, (1971), pp. 705-707.
- [11] Rvachev, V. L. & Rvachev, V. A. (1979). *Non-classical methods for approximate solution of boundary conditions*, Naukova dumka, Kiev
- [12] Timoshenko, S. P. & Goodier, J. N. (1951). *Theory of Elasticity*, McGraw-Hill, New York
- [13] Yamaguchi, F. (1988). *Curves and Surfaces in Computer Aided Geometric Design*, Springer-Verlag, ISBN 3-540-17449-4, Berlin

BEZMREŽNA METODA ZA RJEŠAVANJE PROBLEMA TORZIJE KORIŠTENJEM VIŠE NIVOVA

Sažetak: U ovom radu je prikazana bezmrežna metoda za rješavanje problema torzije prizmatičnih štapova. Primijenjene su Fup bazne funkcije koje pripadaju klasi Rvačevljevih beskonačno derivabilnih finitnih funkcija. Mogućnost točnog i jednostavnog izračunavanja vrijednosti visokih stupnjeva derivacija Fup baznih funkcija osigurava efikasnu primjenu postupaka jake formulacije. Umjesto tradicionalne diskretizacije na konačne elemente, u predloženoj metodi se područje problema i rub područja predstavljaju skupom točaka. Metodom kolokacije formira se sustav jednadžbi u kojemu se u kolokacijskim točkama na zatvorenom području zadovoljava diferencijalna jednadžba problema, a na granici područja rubni se uvjeti zadovoljavaju egzaktno. Predložena bezmrežna metoda omogućava dobivanje približnog rješenja pomoću više nivoa proračuna pri čemu se numeričko rješenje proizvoljne točnosti postiže hijerarhijskim povećavanjem broja baznih funkcija na području. Vrijednosti osnovne funkcije rješenja i sve veličine izvedene iz osnovnog rješenja izračunavaju se u istim točkama budući da je izbjegnuta numerička integracija. Prikazani numerički model je ilustriran na primjerima linearne i elasto-plastične analize prizmatičnih štapova izloženih torziji. Primjenom inkrementalno-iterativnog postupka prati se propagacija plastičnih zona u poprečnom presjeku sve do sloma.

Ključne riječi: bezmrežna metoda, bazne funkcije, univerzalnost, kolokacijska metoda, numerički model s više nivoa, plastični lom

A 3D HEAT TRANSPORT MODEL FOR THE SUSTAINABLE USE OF THERMAL WATER IN HUNGARY

Christoph M. König¹,
Nikolaus Linder¹
Željka Rudić¹

UDK: 662.997(439)

Summary: *For understanding of groundwater conditions and thermal transfer observation an evaluation model is created. For numerical modeling the high coupled heat transport and groundwater flow processes the FEM based software package SPRING[®] is used. The non-linearities due to the density and viscosity dependent flow, the coupled modeling of saturated-unsaturated flow and the non-linear leakage are considered.*

Key words: *finite element, heat transport, density dependent, regional scale*

1. INTRODUCTION

The Republic of Hungary is a landlocked country in central Europe. A great part of Hungary, is placed in the center of the Pannonian Basin. The precursor to the present plain was a shallow sea that reached its greatest extent during the Pliocene. The earth's crust below the Pannonian Basin is thinner than the average and therefore the mantle's magma is closer to the surface. This leads to remarkably high geothermal gradient for a non-volcanic area in the interior of the Basin. Consequently, Hungary is a country with favourable geothermal conditions.

Currently the most significant field of utilization of geothermal energy in Hungary besides balneology is agriculture, where thermal water provides heating for greenhouses and animal farms.

A problem attached to the usage of thermal water is the waste water treatment. Today used thermal water is usually discharged into draining channels or public sewers. Thermal water that is discharged into surface waters can have various effects to the environment depending on the way of its release. The two primary causes which disturb the natural balance of the ecosystem are its remaining higher temperature in comparison to the environment, and the high concentration of geogenic chemical elements.

This study concerns aspects of the geothermal conditions at the Bükk mountain range and the utilization and re-injection as well as the discharge of thermal groundwater at a test 'site' Mezőkövesd in the surface waters at the Pannonian Basin.

¹ delta h Consultants GmbH, Germany Baroper Straße 239b, D-44227 Dortmund ++49 231 7251540
dh@delta-h.de

2. GEOLOGY, HYDROGEOLOGY AND GEOTHERMAL CONDITIONS

Geothermal reservoirs in Hungary can be classified into two major groups (Figure 1):

- the karstic type;
- the clastic basin type.

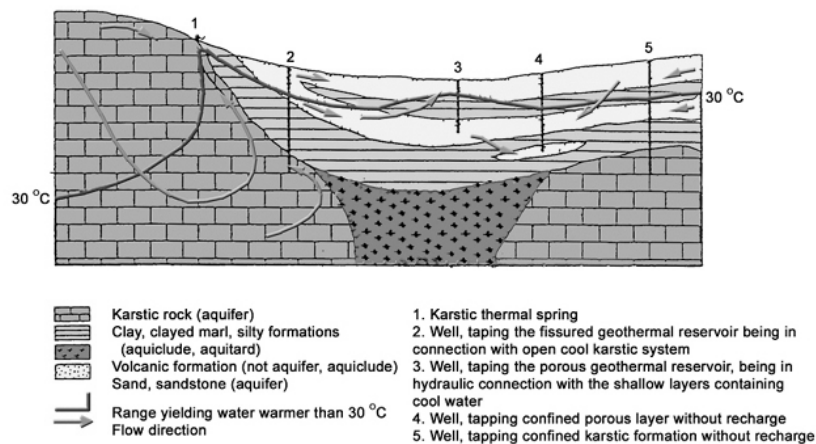


Figure 1. Different types of geothermal reservoirs (from: Liebe 2001)

The thermal groundwater originates from the karstic mountains and flows within the fissured karstic rocks below the aquicludes towards the boundaries of the mountain range. Partly the aquifer's outcrops are marked by the alignment of the historically known thermal springs. The karstic bedrock aquifers consist mainly of limestones and dolomites of Triassic age and make up a large portion of the reservoir.

The Pannonian Basin itself is dominated by clastic basin deposits, as e.g. most of the Upper Pannonian, with only few Pleistocene sand and sandstone layers. In this basin type area marine and fluvial deposits cover the bedrock. In the southern parts of the Great Hungarian Plain the total thickness of the deposits reaches 5 km.

The average geothermal gradient in Hungary is 5 °C/100 m, which is more than 1.5 times as high as the worldwide average. This is due to the fact that in the Pannonian Basin the earth's crust is thinner than the worldwide average: (the local thickness ranges from 24 to 26 km, which is about 10 km thinner than in the neighbouring regions). Based on an average temperature of about 10 °C at the surface, the temperature of the rock and its contained fluid at the depth of 1 km computes to 60 °C and up to 110 °C for a depth of 2 km. The greatest depth of good transmissivity for the investigated aquifers is 2.5 km. Temperatures here are already as high as 130 - 150 °C.

The chemical composition of the karstic thermal waters is mainly determined by the carbonatic rocks and the water gains its calcium-magnesium-hydrocarbonate character.

The thermal water in the clastic reservoirs are in general of alkali hydrogen-carbonate character.

3. NUMERICAL CALCULATION OF TRANSPORT PROCESSES

The numerical model for the observed region is set up with the groundwater modelling software SPRING[®], a code that has been established as a reliable base for groundwater models. As an evaluation model it serves as a suitable tool to improve the understanding of the historic and present groundwater conditions. But it is also designed to provide a solid foundation for the prognosis of future changes of these conditions.

The equations for flow and transport of solutes and energy are the physical foundation of a numerical hydrogeological model. The following section will provide the governing equations that the model is based on.

The computation of flow is the essential base for the calculation of transport processes in porous media. Combining Darcy's Law:

$$\vec{v} = -\frac{k_r}{\mu} \mathbf{k} (\nabla p - \rho \vec{g}) \quad (1)$$

with the continuity equation

$$\frac{\partial(nS_r \rho)}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v}) = q \quad (2)$$

gives the general flow equation:

$$\left(S_r \rho S_{op} + n\rho \frac{dS_r}{dp} \right) \frac{\partial p}{\partial t} + nS_r \frac{\partial \rho}{\partial t} - \nabla \left(\frac{\rho \mathbf{k} k_r}{\mu} (\nabla p - \rho \vec{g}) \right) = q \quad (3)$$

storativity term
density storage
mass flux
source term

The general transport equation for a solution of concentration C is based on:

- advection, i.e. the transport with field velocity \vec{v} :

$$\vec{j}_k = \vec{v}C \quad (4)$$

- hydromechanic dispersion

$$\vec{j}_m = -\mathbf{D}\nabla C \quad (5)$$

- molecular diffusion (in this case by Fick's First Law):

$$\vec{j}_d = -d_m \nabla C \quad (6)$$

Following the law of mass conservation, these processes are merged into the transport equation:

$$\frac{\partial(n\rho S_r C)}{\partial t} + \nabla(n\rho S_r (\vec{j}_k + \vec{j}_d + \vec{j}_m)) = q(C_{in} - C) + R_C + q_C \quad (7)$$

storativity term
mass flux
source terms
non-conservative processes

Heat transport in a saturated aquifer is based on:

- advection:

$$\bar{j}_k = \bar{v}T \quad (8)$$

- hydromechanics dispersion

$$\bar{j}_m = -\mathbf{D}\nabla T \quad (9)$$

Here, molecular diffusion in a solute transport problem is replaced by heat conduction. It has to take the following into account:

- heat conduction in the fluid:

$$\bar{j}_{m,w} = -\lambda_w \nabla T \quad (10)$$

- heat conduction in the matrix:

$$\bar{j}_{m,s} = -\lambda_s \nabla T \quad (11)$$

Where T is the temperature of the fluid. Now the energy transport equation including the energy storage within the fluid and the matrix can be derived:

$$\frac{\partial(n\rho S_r c_w T)}{\partial t} + \frac{\partial((1-n)\rho_s c_s T)}{\partial t} + \nabla(n\rho S_r c_w (\bar{j}_k + \bar{j}_d + \bar{j}_{m,w}) + (1-n)\rho_s c_s \bar{j}_{m,s}) = q(T_{in} - T) + R_r$$

storativity term in the fluid	storativity term in the matrix	energy flux in the fluid	energy flux in the matrix	source terms (12)
----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-------------------------

Flow and transport equation are coupled for the calculation of energy transport (by means of temperature depending density and viscosity) and density depending transport processes (by means of fluid-solution density).

4. DESCRIPTION OF A MODEL

The first step towards the generation of a model is to determine of the model area in such a way that it represents the natural hydraulic system.

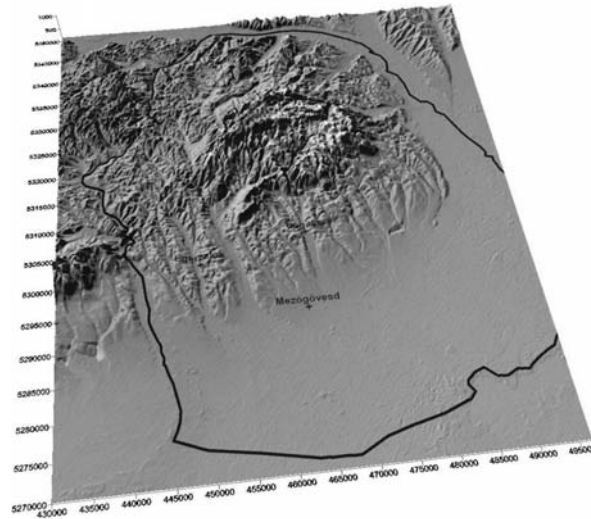


Figure 2. Digital elevation model of the study area

The study area covers the karstic highland Bükk mountain range and a northern part of the Pannonian Basin incl. the 'test site' Mesökövesd. It is clearly subdivided by the slope of the natural relief, as shown in Figure 2, and comprises a total area of around 4,000 km².

The studied area is covered with the 3D Finite Element mesh, which consists of around 3 Mio. elements. The model's top of the basement layer is cragged and its depth varies within the model area.

The N-S section in Figure 3 shows that the high temperatures of 130 - 140°C and the heat in the bedrock system is almost uniformly distributed. In the areas with a cooling recharge of the groundwater the temperatures are influenced by mixing and convection cells. Two different systems are detectable: the karstic system and the clastic basin system.

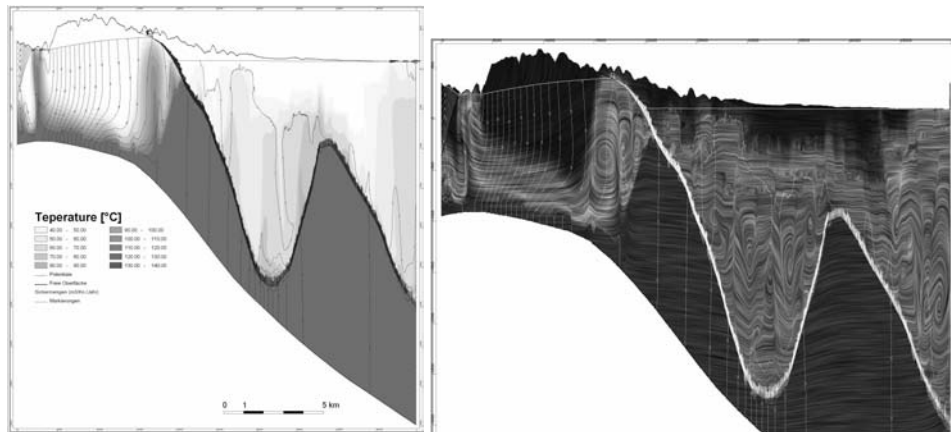


Figure 3. Groundwater flow and temperature - North-South cross section (left: temperature distribution; right: flow field)

The following model demonstrates the effect of different extraction and re-injection rates on the system to show the sensitivity of the system (Figure 4).

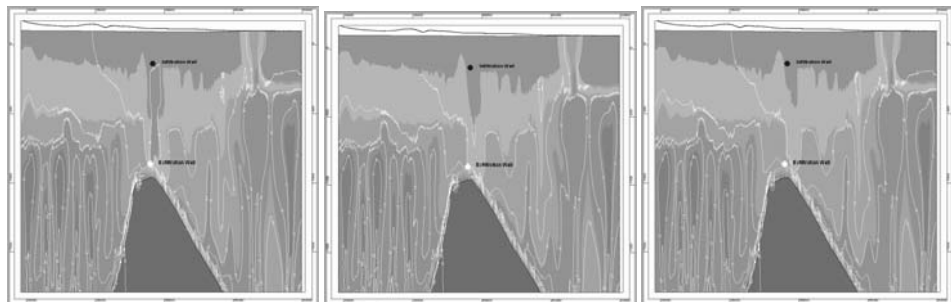


Figure 4. Prognosis of the groundwater temperature for a pumping and re-injection rate of 150K, 60K and 30K m³/a after 200 months

5. CONCLUSION

In the view of both, the negative environmental impact of the discharge of used thermal waters into surface waters and the unfavourable effects of loss of hydrostatic pressure within the aquifer on a well's production, the re-injection of unpolluted used thermal waters appears without any alternative. But the re-injection of the processed water can influence a sensitive system. It can cool down the reservoir.

As natural systems constantly strive towards the lowest state of energy that can be reached along a monotonous path downslope in terms of internal energy, any disturbance of an equilibrium-like state will force the system to attempt to counterbalancing this disturbance. In the case of heat withdrawal or injection, convective or conductive processes will set in to re-balance the heat-deficit.

In geothermal applications, high extraction rates can lead to an exhaustion of the source within a short period of operation. Reducing the production promotes the lasting of the source. Therefore, the individual rates of extraction and re-injection are recommended for each single site. The knowledge about the system and the numeric modeling of the best configuration gives the technical basics for a sustainable investment.

REFERENCES

- [1] Liebe P.: Thermal Water Resources in Hungary, Their Utilization and Protection - Hydrological Institute of Vituki Plc., 2001
- [2] Liebe P.: Guide: Groundwaters in Hungary - Hydrological Institute of Vituki Plc., 2001
- [3] König Ch. & Linder N.: Sustainable Use of Thermal Water - Modelling Approach. – Thermal Innovation International Conference, Debrecen, Hungary, 2005
- [4] Miklós A. & György S.: Geothermal Development in Hungary-country update report 1995.-1999.- Hungarian Geothermal Association
- [5] Rudic Ž.: Environmental Pollution Prognosis after Utilization of Thermal Water in Hungary, Bochum, 2006
- [6] SPRING[®], User's Manual Version 3.0, delta h Ingenieurgesellschaft, Dortmund

3D-MODEL TRANSPORTA TOPLOTE PRILIKOM KORISĆENJA TERMALNIH VODA U MAĐARSKOJ

Rezime: Za bolje razumevanje uslova tecenja podzemnih voda i transfera toplote, napravljen je model za procenu. Za pravljenje numerickog modela koji ukljucuje vezani proracun transporta toplote i tecenja podzemne vode, koriscen je programski paket SPRING[®]. Za proracun su uzete u obzir nelinearnosti zbog toka promenljive gustine i viskoznosti, vezanog proracuna saturisanog i nesaturisanog toka i nelinearno isticanje.

Ključne reči: konacni elementi, transfer toplote, zavisan od gustine, regionalna razmera

FRACTIONAL CALCULUS IN APPLICATION TO THEORY OF ELECTROVISCOELASTICITY

Mihailo P. Lazarević¹,
Aleksandar M. Spasić²

UDK: 532.12:537.8

Summary:

In this paper it is presented a new theory of electroviscoelasticity which describes the behavior of electrified liquid-liquid interfaces in fine dispersed systems. It is based on a new constitutive model of liquids: fractional order model (generalized the Van der Pol equation) with corresponding fractional-order time derivative and integral of order $p < 1$, linear and nonlinear case.

Keywords: *Electroviscoelasticity, Fractional-Order Model,*

1. INTRODUCTION

The idea of fractional calculus: between Leibniz and L'Hospital in 1695, September 30th, 1695 L'Hopital wrote to Leibniz asking him about a particular notation he had used in his publications for the n-th derivative of the linear function $f(x) = x, d^n x / dx^n$. L'Hopital posed the question to Leibniz, what would the result be if $n = 1/2$. Leibniz response: "An apparent paradox, from which one day useful consequences will be drawn." In these words fractional calculus (FC) was born. Along the years, great mathematicians, such as Euler, Fourier, Abel and others, did some work on the FC that nevertheless remained as a sort of curiosity. The modern epoch started in 1974 when a consistent formalism of the fractional calculus has been developed by K.B. Oldham and J. Spanier [1], where the fractional (non-integer) calculus is a generalization of the ordinary differential and integral calculus. Even if they can be thought of as somehow ideal, they are, in fact, useful tools for both the description of a more complex reality, and the enlargement of the practical applicability of the common integer order operators. Moreover, fractional derivatives provide an excellent instrument for the description of memory and hereditary properties of various materials and processes. Fractional differential equations (FDEs) have been the focus of many studies due to their appearance in various fields such as physics, chemistry, and engineering control theory [2,3]. In the fields of continuous-time modelling derivatives have proved useful in

¹ Mihailo Lazarević, Dep. of Mechanics, Faculty of Mech. Engineering, Belgrade, Kraljice Marije 16, tel: 011 3302-338, E-mail: mlazarevic@mas.bg.ac.yu

² Aleksandar M. Spasić, Dep. of Chemical Engineering, Inst. for Techn. of Nuclear and other Mineral Raw Materials 86 Franchet d'Esperey St., P.O.Box 390, 11000 Belgrade, Serbia, tel: 0113691586, E-mail: a.spasic@itnms.ac.yu

linear viscoelasticity [3], acoustics, rheology, [4], polymer chemistry, heat and mass transfer [5] and recently in theory of electroviscoelasticity [6]. A new theory of electroviscoelasticity describes the behavior of electrified liquid-liquid interfaces in fine dispersed systems, and is based on a new constitutive model of liquids. Up to now, there are three possible mathematical formalisms discussed related to the theory of electroviscoelasticity.

2. FUNDAMENTALS OF FRACTIONAL CALCULUS

The fractional integro-differential operators (fractional calculus) present a generalization of integration and derivation to non-integer order (fractional) operators. At first, one can generalize the differential and integral operators into one fundamental D_t^α operator t which is known as fractional calculus:

$${}_a D_t^\alpha = \begin{cases} \frac{d^\alpha}{dt^\alpha} & \Re(\alpha) > 0, \\ 1 & \Re(\alpha) = 0, \\ \int_a^t (d\tau)^{-\alpha} & \Re(\alpha) < 0. \end{cases} \quad (1)$$

Unlike ordinary derivatives, which are point functionals, fractional derivatives are hereditary functionals possessing a total memory of past states. The two definitions generally used for the fractional differintegral are the Grunwald definition and the Riemann-Liouville (RL) definition. The Grunwald definition is given by

$${}_a D_t^\alpha f(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h^\alpha} \sum_{j=0}^{[(t-a)/h]} (-1)^j \binom{\alpha}{j} f(t-jh) \quad (2)$$

where a, t are the limits of operator and $[x]$ means the integer part of x . The Riemann-Liouville definition of fractional derivative is given by

$${}_a D_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \frac{d^n}{dt^n} \int_a^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{\alpha-n+1}} d\tau, \quad (3)$$

for $(n-1 < \alpha < n)$ and for the case of $(0 < \alpha < 1)$, the fractional integral is defined as

$${}_0 D_t^{-\alpha} f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{1-\alpha}} d\tau, \quad (4)$$

where $\Gamma(\cdot)$ is the well known Euler's gamma function [1,2]. Also, the *chain rule* has the form

$$\frac{d^\beta f(g(t))}{dt^\beta} = \sum_{k=0}^{\infty} \binom{\beta}{k}_\Gamma \left(\frac{d^{\beta-k}}{dt^{\beta-k}} 1 \right) \frac{d^k}{dt^k} f(g(t)), \quad \binom{\beta}{k}_\Gamma = \frac{\Gamma(1+\beta)}{\Gamma(1+k)\Gamma(1-k+\beta)}. \quad (5)$$

For convenience, Laplace domain is usually used to describe the fractional integro-differential operation for solving engineering problems, [2]:

$$\int_0^{\infty} e^{-st} {}_0D_t^{\alpha} f(t) dt = s^{\alpha} F(s) - \sum_{k=0}^{n-1} s^k {}_0D_t^{\alpha-k-1} f(t)|_{t=0} \quad (6)$$

For numerical calculation of fractional-order differintegral operator one can use relation derived from the Grunwald definition. This relation has the following form:

$$({}_{t-L}D_t^{\pm\alpha} f(t) \approx h^{\mp\alpha} \sum_{j=0}^{N(t)} b_j^{(\pm\alpha)} f(t-jh), \quad N(t) = \min \left\{ \left[\frac{t}{h} \right], \left[\frac{L}{h} \right] \right\}, \quad (7)$$

where L is the "memory length", h is the step size of the calculation, $[x]$ is the integer part of x and $b_j^{(\pm\alpha)}$ is the binomial coefficient, see[2].

3. ELECTROVISCOELASTICITY OF LIQUID/LIQUID INTERFACES: FRACTIONAL-ORDER MODEL

Also, number of theories that describe the behavior of liquid-liquid interfaces have been developed and applied to various dispersed systems e.g., Stokes, Reiner-Rivelin, Ericksen, Einstein, Smoluchowski, Kinch, etc. According to this model liquid-liquid droplet or droplet-film structure (collective of particles) is considered as a macroscopic system with internal structure determined by the way the molecules (ions) are tuned (structured) into the primary components of a cluster configuration. How the tuning/structuring occurs depends on the physical fields involved, both potential (elastic forces) and nonpotential (resistance forces). All these microelements of the primary structure can be considered as electromechanical oscillators assembled into groups, so that excitation by an external physical field may cause oscillations at the resonant/characteristic frequency of the system itself (coupling at the characteristic frequency),[6] Up to now, there are three possible mathematical formalisms discussed related to the theory of electroviscoelasticity, where the first is tension tensor model, the second is Van der Pol derivative model, and the third model presents an effort to generalize the previous Van der Pol equation, i.e. the ordinary time derivative and integral are now replaced with corresponding fractional-order time derivative and integral of order $p < 1$. Hence, the study of the electro-mechanical oscillators is based on electromechanical and electrodynamic principles. At first, during the droplet formation it is possible that the serial analog circuits are more probable, but later, as a consequence of tuning and coupling processes the parallel circuitry become dominant. Also, since the transfer of entities by tunneling (although with low energy dissipation) is much less probable it is sensible to consider the transfer of entities by induction (medium or high energy dissipation). A nonlinear differential equation of the Van der Pol type represents the initial electromagnetic oscillation

$$C \frac{dU}{dt} + \left(\frac{U}{R} - \alpha U \right) + \gamma U^3 + \frac{1}{L} \int U dt = 0 \quad (8)$$

where U is the overall potential difference at the junction point of the spherical capacitor C and the plate, L is the inductance caused by potential difference, and R is the ohmic resistance. The α and γ are constants determining the linear and nonlinear parts of the characteristic current and potential curves. The noise in this system, due to linear

amplification of the source noise, causes the oscillations of the “continuum” particle (molecule surrounding the droplet or droplet-film structure), which can be represented by the particular integral

$$C \frac{dU}{dt} + \left(\frac{1}{R} - \alpha \right) U + \gamma U^3 + \frac{1}{L} \int U dt = -2A_n \cos \omega t \quad (9)$$

where ω is the frequency of the incident oscillations, [7]. The noise output appears as an induced anisotropic effect. In an effort to generalize the previous equation the ordinary time derivative and integral are now replaced with corresponding fractional-order time derivative and integral of order p , [6]. Constructing an analog realization of a fractional order element may be much easier than the discrete ladder circuits proposed so far. It seems sensible to look for dielectric materials exhibiting the more realistic fractional behavior $1/(j\omega C)^\alpha$, where $\alpha \approx 0.5$, where authors [8] investigated Lithium Hydrazinium Sulfate (LiN₂H₅SO₄) and found that “over a large range of temperature and frequency the real and imaginary parts of the susceptibility are very large (up to $\varepsilon' \approx \varepsilon'' = 10^6$, $\varepsilon = \varepsilon' + j\varepsilon''$) and vary with frequency somewhat as $f^{-1/2}$ ”, one can get $\varepsilon = \varepsilon_r \sqrt{2} (j\omega)^{-1/2}$. Here, the capacitive and inductive elements, using Riemann-Liouville definition of differintegral forms, fractional-order $p \in (0,1)$ enable formation of the fractional differintegral equation, i.e. more flexible or general model of liquid-liquid interfaces behaviour, as follows (linear case):

$$C_0 D_t^p [U(t)] + \left(\frac{1}{R} - \alpha \right) U + \frac{1}{L} {}_0 D_t^{-p} [U(t)] = i(t) \quad (10)$$

Using Laplace transform of (10) leads to (11)

$$G(s) = \frac{U(s)}{i(s)} = \frac{s^p}{Cs^{2p} + (1/R - \alpha)s^p + 1/L} = s^p G_3(s), \quad G_3(s) = \frac{1}{as^{2p} + bs^p + c},$$

$$a = C, b = (1/R - \alpha), c = 1/L$$

The term-by-term inversion, based on the general expansion theorem for the Laplace transform, [2] produces

$$G_3(t) = \frac{1}{a} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k!} \left(\frac{c}{a} \right)^k t^{2p(k+1)-1} E_{p, 2p+pk}^{(k)} \left(-\frac{b}{a} t^p \right) \quad (12)$$

where $E_{\lambda, \mu}(z)$ is the Mittag-Leffler function in two parameters. Laplace transform of the Mittag-Leffler function in two parameters is:

$$\int_0^{\infty} e^{-t} t^{\beta-1} E_{\alpha, \beta}(zt^\alpha) dt = \frac{1}{1-z}, \quad (|z| < 1) \quad (13)$$

Using inverse Laplace transform of $G(s)$ one can obtain an explicit representation of the solution (10) such as:

$$U(t) = \int_0^t G(t-\tau)i(\tau)d\tau \quad (14)$$

So, the initial electromagnetic oscillation is represented by the equation (10) i.e, a homogeneous solution (Fig.1) may be obtained in following manner using numerical procedure (Grunwald definition). The calculation has been done for the following parameters: $p = 0.95$, $U_0 = 15mV$, $T = 10^{-3}s$

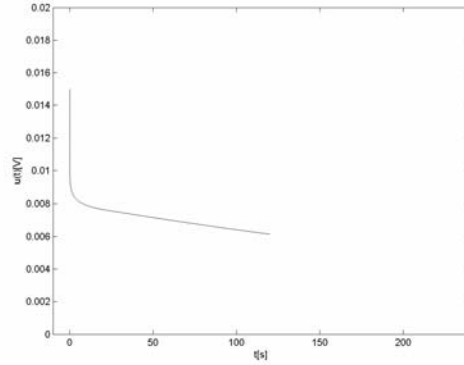


Figure 1. Calculated homogeneous solution Eq. (10),

Also, one can obtain equivalent nonlinear problem applying differentiation of (8) such as:

$$C \frac{d^2 U}{dt^2} + \left(\frac{1}{R} - \alpha + 3\gamma U^2 \right) \frac{dU}{dt} + \frac{1}{L} U = 0 \quad (15)$$

Taking into account of Caputo definition [4] and

$$x_1(t) = U(t), \quad x_2(t) = {}_0 D_t^C U(t), \quad p \in \square \quad (16)$$

introducing vector $\mathbf{x}(t) = (x_1, x_2)^T$, one can get:

$${}_0 D_t^p \mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1/LC & -(1/R - \alpha)/C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -3\gamma x_1^2(t)/C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{Bmatrix} \quad (17)$$

It is easily observed that previous case is a one of the general case for this nonlinear problem which can be obtained in the form:

$${}_0^C D_t^p \mathbf{x}(t) = f(t, \mathbf{x}(t)), \quad \mathbf{x}^{(k)}(0) = \mathbf{x}_0^{(k)}, \quad k = 0, 1, \dots, [p] \quad (18)$$

Using some new results from the FC, one can obtain a solution of initial value problem of (18), (see also [9]).

CONCLUSION

Using fractional-order $p \in (0,1)$, capacitive and inductive elements one can obtain linear and/or nonlinear fractional integral-differential equation of the Van der Pol type, i.e, more generalized model of liquid/liquid interfaces. In this paper solution of previous

linear integral-differential equation using Grunwald definition of fractional differintegral form has been presented. Also it has been proposed an algorithm of method to obtain a homogeneous solution of a previous nonlinear equation. The theory of electroviscoelasticity, i.e., its physical and mathematical formalisms using fractional calculus, becomes more realistic and compatible, and so contributes to this branch of science.

ACKNOWLEDGMENT

This work is supported by the Ministry of Science and Environmental Protection of Republic of Serbia as Fundamental Research Projects 42034

REFERENCES

- [1] Oldham, K. B., Spanier, J., The Fractional Calculus, Academic Press, New York, 1974
- [2] Podlubny, I., Fractional Differential Equations, Academic Press, San Diego, 1999
- [3] Mainardi, F., Fractional Calculus: Some Basic Problems in Continuum and Statistical Mechanics. CISM Lecture Notes, Udine, Italy, 1996.
- [4] Caputo, M., Elasticita e Dissipazione, Zanichelli, Bologna, Italy, 1969
- [5] Babenko, Yu., Heat and Mass Transfer, Chimia, Leningrad, 1986
- [6] Spasić, A., Lazarević M., *Chapter: Theory of electroviscoelasticity*, pp.371-394 in Finely Dispersed Particles: Micro-, Nano-, and Atto-Engineering, Dekker-CRC Press-Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, 2005, ISBN 1574444638, pp.950
- [7] Spasić, M.A., in Delgado, A.V., (Ed.) Interfacial Electrokinetics and Electrophoresis, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, 2002, p. 837.
- [8] Schmidt, V.H., Drumheller, J.E., Phys. Rev. B, (1971) 4582
- [9] Diethelm K., N.J.Ford, Analysis of fractional differential equations, J. Math. Anal. Appl., (2001)

PRIMENA FRAKCIONOG RAČUNA U TEORIJI ELEKTROVISKOELASTIČNOSTI

Rezime: U ovom radu je predstavljena nova teorija elektroviskoelastičnosti koja opisuje ponašanje medjupovršina tečno-tečno u finim disperznim sistemima. Ona je zasnovana na jednom novom konstitutivnom modelu tečnosti: model necelobrojnog reda koji predstavlja generalizaciju modela koji je baziran na Van der Polovoj jednačini, gde je red razlomljenosti u slučaju frakcionog integrala i izvoda, uzet da je $p < 1$.

Ključne reči: elektroviskoelastičnost, model necelobrojnog reda

PITAGORINI BROJEVI I KVAZIPERIODIČNOST SOLARNOG SISTEMA

Milutin Marjanov¹

UDK:523:511.176

Rezime. Periodičnost dinamičkog sistema zahteva da su sve promenljive koje definišu njegovo stanje periodične i da su pri tome svi periodi međusobno racionalno zavisni. Veliki grčki filosof i matematičar Pitagora verovao je da se svi procesi i kretanja u kosmosu ciklično ponavljaju i da stoga mogu postojati samo racionalni brojevi. U ovome radu se dokazuje da je solarni sistem kvaziperiodičan: trenutna konfiguracija planeta je jedinstvena i nikada se ne ponavlja. S druge strane, kao što se iracionalni brojevi mogu prikazati s traženom tačnošću pomoću (Pitagorinih) racionalnih, kvaziperiodični sistemi se mogu, po volji precizno, aproksimirati periodičnim. U radu su određeni periodi dvaju bliskih, periodičnih, "sunčevih sistema".

Gljučne reči: sunčev sistem, periodičnost, kvaziperiodičnost, Pitagora

Uvod

Pitagora i univerzalni poredak. Ponavljanje pojava u prirodi koja ih je okruživala, pravilno smenjivanje dana i noći, mesečevih faza i godišnjih doba, sve je to kod starih grčkih filozofa stvorilo uverenje da slične zakonitosti moraju važiti u celom univerzumu, to jest da su sva kretanja nebeskih tela periodična. Osnovno značenje grčke reči *kosmos* je *red, sklad*. Takva shvatanja su delili i Pitagora i Pitagorejci u 6. veku stare ere.

U jednom od svojih poznatih eksperimenata Pitagora je pokazao veze između parova tonova koje ljudsko uvo prihvata skoro refleksno. Na zategnutoj žici podeljenoj prema jednostavnim aritmetičkim odnosima 1/1, 1/2, 2/3, 3/4 uzastopno su proizvođeni tonovi koji su "prijatni za slušanje". Tako su dobijeni konsonantni ili "Pitagorejski" muzički intervali. S druge strane, podela žice na delove koji se ne odnose kao celi brojevi, davala je disonantne intervale, one koji "paraju uši".

Nije potrebno naglašavati da je proizvođeći zvuke na zategnutoj žici Pitagora eksperimentisao s jednim dinamičkim sistemom: periodične oscilacije elastične žice izazivaju vibracije vazdušnih čestica stvarajući akustične talase koji prenose ton do uha. Oscilacije žice su, u stvari, proučavane indirektno, pomoću zvukova koje žica stvara.

Na slici 1 prikazane su sopstvene forme oscilacija zategnute elastične žice. One su, kao što se vidi, periodične. Odnosi prvih nekoliko talasnih dužina (tj., sopstvenih vrednosti) odgovaraju osnovnim konsonantnim muzičkim intervalima i dele dužinu žice na isti način na koji je Pitagora to činio.

Sl. 1. Sopstvene forme oscilovanja elastične strune

¹ Dr M. Marjanov, građ. inž., red. prof. Šumarskog fak., Beograd, email: mi.mar@eunet.yu

Gledajući tu sliku, možemo zaključiti sledeće: samerljivost celog i njegovih delova implicira samerljivost delova. Odnosi dužine strune i talasnih dužina sopstvenih formi su racionalni brojevi, pa stoga i odnosi talasnih dužina moraju biti racionalni brojevi.

Isto pravilo se može primeniti kod procene periodičnosti bilo kog dinamičkog sistema:

da bi dinamički sistem bio periodičan, sve funkcionalne promenljive koje definišu stanje sistema moraju biti periodične i svi periodi moraju biti racionalno zavisni. U tom slučaju će se stanja u kojem se nalazi sistem periodično ponavljati.

Ako je prvi uslov ispunjen, a drugi nije, dinamički sistem je kvaziperiodičan i jedno stanje se nikada neće ponoviti na isti način.

Ubeđen da je kosmos periodičan i da se svi procesi u prirodi ciklično ponavljaju, Pitagora, koji je bio i osnivač neke vrste religije brojeva, načinio je veoma široku generalizaciju svog otkrića. Prema njegovom učenju, "sve stvari su brojevi", pa je na kraju jedino što je potrebno znati o nekoj stvari, pa i o nekom apstraktnom pojmu, odgovarajući (racionalni) broj.

Smatrajući da rastojanja od Zemlje i kretanja nebeskih tela na neki način odgovaraju muzičkim intervalima, Pitagora je tvrdio da čuje "muziku s neba" koju proizvode skladna kretanja nebeskih tela. Izvesno je da je on navedene uslove periodičnosti podrazumevao, dok je "muzika s neba" prosto bila metafora kojom je izražavao taj stav.

Kvaziperiodičnost solarnog sistema. Da li je solarni sistem periodičan, kao što je Pitagora verovao? Da li se određeno stanje neprekidno i u jednakim vremenskim intervalima ponavlja?

Odgovor na to pitanje nameće potrebu da se, pre svega, Sunčev sistem koji predstavlja dinamički sistem s beskrajno mnogo nebeskih tela svede na podskup najznačajnijih, to jest, samo na Sunce i planete. Iz tog podskupa ćemo isključiti devetu planetu, Pluton. Orbita tog veoma udaljenog nebeskog tela, vrlo male mase (približno 0,002 mase Zemlje) još nije "pala" u invarijabilnu ravan solarnog sistema. Isključivši Pluton dobijamo dinamički sistem koji praktično možemo smatrati ravnim.

Pošto ćemo u račun uzimati samo orbitalna kretanja, nebeska tela zamenjujemo materijalnim tačkama. Usvajamo "Kopernikov" model u kojem planete rotiraju u invarijabilnoj ravni, s prosečnim ugaonim brzinama, na prosečnim rastojanjima oko *pokretnog* Sunca. U ovome modelu se Sunce kreće i zato su stavljeni znaci navoda u prethodnoj rečenici.

Na kraju, smatraćemo da naš model predstavlja zatvoren dinamički sistem, to jest, da je izolovan od spoljnjih uticaja.

Pitagora je bio u pravu u vezi s činjenicom da su rastojanja planeta i njihova kretanja povezane. S druge strane, njegova pretpostavka da su ta rastojanja racionalno zavisna je pogrešna. Doduše, udaljenja planeta od Sunca slede približno, Ticijus-Bodeov zakon, baziran na racionalnim brojevima. Ali samo približno, pa odnosi među rastojanjima planeta od Zemlje svakako nisu racionalni brojevi.

Postavlja se, znači, pitanje da li se jedna konfiguracija solarnog sistema koji smo definisali može periodično ponavljati.

Usvojimo li 2D koordinatni sistem s početkom u centru masa solarnog sistema, Sunčeva orbita u invarijabilnoj ravni se dobija iz uslova da je suma momenata masa prvog reda za koordinatni početak nula.

Kretanje Sunca je rezultat, odraz, kretanja planeta.

Ako je Sunčeva orbita periodična, solarni sistem je periodičan.

U radu [2] određena je orbita Sunca u Laplasovoj invarijabilnoj ravni. Evo kako ona izgleda od 1978. za sledećih 50 godina.

Sl. 2. Sunčeva orbita: 1978 + 50 god.

Orbita je dobijena korišćenjem jednostavnog obrasca

$$\vec{r}_s = -\frac{1}{M} \sum_1^8 m_i \vec{R}_i \text{ u kojem su}$$

\vec{r}_s - vektor položaja Sunca,

$M = m_s + \sum_1^8 m_i$ - ukupna masa solarnog sistema,

$\vec{R}_i (R_i \cos \varphi_i, R_i \sin \varphi_i)$ - vektori kretanja planeta u odnosu na Sunce,

R_i - prosečni radijusi orbita,

$\varphi_i = \varphi_{0i} + \omega_i t$ - trenutne orbitalne pozicije planeta,

φ_{0i} - početne orbitalne pozicije,

ω_i - prosečne ugaone brzine planeta.

Orbitu praktično istog oblika dobio je Hoze (P. Jose) pre 40 godina koristeći astronomske podatke od 1635. do 2060. Hoze je procenio da Sunce opiše isti oblik putanje svakih 178,7 godina, s tim što se slika zarotira u suprotnom smeru od kazaljke na satu za 30° . Iz te procene bi sledilo da je solarni sistem periodičan i da mu je period $12 \times 178,7 = 2144,4$ godine.

Četiri stotine godina je dug vremenski period u ljudskim, a samo tren u solarnim razmerama. Smatram da je Hoze pogrešio. Razmotrimo problem s drukčijeg aspekta.

Izraz za određivanje Sunčeve putanje se može prikazati i ovako

$$\vec{r}_s(t) = \vec{f}[\vec{R}_1(\omega_1 t), \vec{R}_2(\omega_2 t), \dots, \vec{R}_8(\omega_8 t)].$$

Prema datom kriterijumu, funkcija $\vec{r}_s(t)$ će biti periodična ako su kretanja $\vec{R}_i(\omega_i t)$ periodična i ako su orbitalni periodi $T_i (= 1/\omega_i)$ racionalno zavisni.

Pošto smo uzeli da planete kruže oko Sunca, očigledno je da je **uslov periodičnosti funkcionalnih promenljivih je ispunjen.**

Da vidimo sada kako stoji s drugim uslovom.

Pojava da se periodi orbitalnih rotacija dvaju nebeskih tela ili periodi sopstvene i orbitalne rotacije jednog nebeskog tela odnose kao celi brojevi zove se, u nebeskoj mehanici, gravitaciona rezonanca.

S obzirom na izabrani model, navešćemo samo neke od poznatijih orbitalnih rezonanci u solarnom sistemu.

Orbitalni periodi džinovskih Jupiterovih satelita Jo/Evropa/Ganimed/Kalisto su u približnom odnosu $1/2/4/(\approx)8$, a orbitalni periodi Saturnovih satelita Hiperiona i Titana su u zavisnosti $3/4$.

Kad su u pitanju planete, pomenućemo dve rezonance. Odnos orbitalnih perioda Saturna i Jupitera je $5/2$, dok periodi Zemlje i Venere imaju odnos $13/8$. Za stare Maje je Venera bila ključna komponenta njihovog svetog kalendara, pa je taj odnos ugrađen kao zlatan broj u sistem računanja vremena tog naroda.

Postoji doduše i rezonanca $2/3$ orbitalnih perioda Neptuna i Plutona, no Pluton je izostavljen iz našeg modela.

Ostali orbitalni periodi nemaju racionalne odnose.

Periodičnost dinamičkog sistema sa osam (periodičnih) funkcionalnih promenljivih zahteva $\binom{8}{2} = \frac{8 \cdot 7}{2 \cdot 1} = 28$ orbitalnih rezonanci. A postoje samo dve. Ista

konfiguracija Zemlje i Venere ponavlja se svake osme Zemljine (ili trinaeste Venerine) godine, dok se ista konfiguracija Saturna i Jupitera ponavlja za 2 Saturnove, odnosno, za 5 Jupiterovih godina. Kada bi se zanemarilo kretanje Sunca, moglo bi se reći da solarni sistem sadrži dva (ili s Plutonom tri) periodična podskupa. Očigledno je da ti podsistemi nisu međusobno spregnuti: periodi Zemlje i Venere nisu racionalno zavisni od perioda Saturna i Jupitera i ista konfiguracija te četiri planete se ne može nikada ponoviti.

Sledeća tablica sadrži orbitalne periode planeta izražene u Zemaljskim godinama. U njoj se jedino periodi Venere i Zemlje izražavaju kao racionalni brojevi.

Tablica 1. Orbitalni periodi (Zemaljske godine)

Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
0,241	0,615(8/13)	1	1,881	11,862	29,46	84,013	164,783

Dakle, uslov da su svi periodi racionalno zavisni **nije ispunjen.**

U skladu s tim može se zaključiti da **je kretanje Sunca kvaziperiodično, pa je prema tome i solarni sistem, u celini, kvaziperiodičan.**

Trenutna konfiguracija planeta je jedinstvena i nikada se neće ponoviti na identičan način. Kvaziperiodičnost, međutim, ukazuje na to da će se, zavisno od toga koliko dugo smo spremni da čekamo, ponoviti manje ili više "bliska" konfiguracija.

Kvaziperiodičnost nije indikacija nestabilnosti kretanja. Kao ilustracija kvaziperiodičnosti i dugoročne stabilnosti može poslužiti predviđena orbita Sunca za

sledećih 2000 godina, data na slici 3. Ta orbita je smeštena u krug čiji je prečnik približno dvaput veći od prečnika zvede i nastavimo li s računom do u beskraj, Sunce će nastaviti da se kreće uvek drugom putanjom koja ne izlazi iz te konture.

Sl. 3. Sunčeva orbita: 1978 + 2000 god.

To bi bila neka vrsta dokaza da je kretanje sunca u invarijabilnoj ravni stabilno. Taj zaključak se, nažalost, ne može uopštiti na solarni sistem kao celinu, a posebno ne uz korišćenje ovako uprošćenog modela. Naime, mada se Sunce kreće samo zato što se kreću i ostala nebeska tela, njihov uticaj na Sunčevu putanju je toliko mali, da promene u njihovim putanjama neznatno remete trajektoriju Sunca. S druge strane, svaka promena u kretanju Sunca sigurno dramatično utiče na kretanja ostalih nebeskih tela.

Bliski periodični sistemi. Sada se može postaviti pitanje kada će se trenutno stanje solarnog sistema približno ponoviti.

Matematičari kažu da su racionalni brojevi gusto raspoređeni na brojnoj liniji: svaki, ma koliko mali interval sadrži racionalan broj. Stoga se svaki iracionalan broj može, s traženom tačnošću, zameniti racionalnim.

U **Tablici 2** su iracionalni periodi iz prvog reda aproksimirani odnosima celih brojeva (broj Zemljinih rotacija/ broj rotacija odgovarajuće planete) datim u drugom i četvrtom redu, pa su tako dobijeni jedan manje, a drugi više blizak "periodičan Sunčev sistem".

Tablica 2. Orbitalni periodi i bliski racionalni periodi (Zemaljske godine)

Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
0,241	0,615	1	1,881	11,862	29,46	84,013	164,783
1/4	8/13	1	2	12	29	84	165
3,73%	0%	0%	6,33%	1,16%	-1,56%	-0,02%	0,13%
7/29	8/13	1	15/8	83/7	324/11	84	165
0%	0%	0%	-0,31%	-0,04%	-0,02%	-0,02%	0,13%

Drugi red sadrži grube racionalne aproksimacije. Relativne greške su prikazane u trećem redu i maksimalna je $\max \left| \frac{\Delta T_i}{T_i} \right| = 6,33\%$. Simulacija kvaziperiodičnog kretanja bliskim periodičnim omogućuje procenu perioda, to jest, vremena potrebnog da sistem dospe u konfiguraciju sličnu sadašnjoj.

Interval vremena potreban da se ponovi stanje sličnog periodičnog sistema datog u drugom redu iznosi $T_1 = 803\ 880$ godina. Ta vrednost je dobijena kao najmanji zajednički sadržalac brojilaca.

U četvrtoj vrsti je preciznija periodična aproksimacija s maksimalnom relativnom greškom $\max \left| \frac{\Delta T_i}{T_i} \right| = 0,32\%$ u petoj vrsti. Period ovakvog sistema iznosi $T_2 = 1\ 304\ 530\ 920$ godina.

Kao što se moglo i očekivati, da bi se jedna konfiguracija planeta ponovila na potpuno isti način potrebno je beskrajno dugo vreme.

Razume se da su posledice promena perioda promene prosečnih radijusa, to jest, orbita planeta. Naime, $\frac{\Delta R_i}{R_i} \approx \frac{2}{3} \frac{\Delta T_i}{T_i}$.

I u tome je Pitagora bio u pravu. Periodičnost solarnog sistema je povezan s rastojanjima planeta. Skrećemo pažnju na povezanost orbita i racionalnih brojeva. Baš kao što su racionalni brojevi "utopljeni" među iracionalne, tako su i periodične orbite "utopljene" među kvaziperiodične: svaki, i najmanji prostorni interval sadrži periodičnu orbitu.

Naravno da, za sada, nije lako utvrditi kriterijume "bliskosti" sistema i "sličnosti" konfiguracija. Ne bi se moglo reći da su relativne promene perioda predložene u ovome radu kao kriterijum bliskosti sasvim jasno definisane kategorije. No, dobijeni periodi T_1 i T_2 obeležavaju vremenske zone u kojima bi trebalo tražiti slične

konfiguracije. To bi bile one konfiguracije (na primer, u intervalu $T - T \cdot \max \left| \frac{\Delta T_i}{T_i} \right| <$

$t < T + T \cdot \max \left| \frac{\Delta T_i}{T_i} \right|$) kod kojih su ugaone separacije odgovarajućih planeta pri stanju

u vremenu t i u početnom stanju, minimalne.

Da zaključimo s nečim što je ipak sigurno. Raspored planeta solarnog sistema nije rezultat slučaja. Očigledno da je u pitanju evolucionni proces u kojem pored gravitacionih interakcija i disipativne sile (plimski efekti, otpor kosmičke prašine i sudari nebeskih tela) mogu transformisati kvaziperiodična kretanja u periodična ili haotična i obratno.

Zaključak. *Periodičnost dinamičkog sistema zahteva da su sve promenljive koje definišu njegovo stanje periodične i da su pri tome svi periodi međusobno racionalno zavisni.*

Veliki grčki filosof i matematičar Pitagora verovao je da se svi procesi i kretanja u kosmosu ciklično ponavljaju i da stoga mogu postojati samo racionalni brojevi.

U ovome radu se dokazuje da je solarni sistem kvaziperiodičan: trenutna konfiguracija planeta je jedinstvena i nikada se ne ponavlja. S druge strane, kao što se iracionalni brojevi mogu prikazati s traženom tačnošću pomoću (Pitagorinih)

racionalnih, kvaziperiodični sistemi se mogu, po volji precizno, aproksimirati periodičnim. U radu su određeni periodi dvaju bliskih, periodičnih, "sunčevih sistema".

Literatura

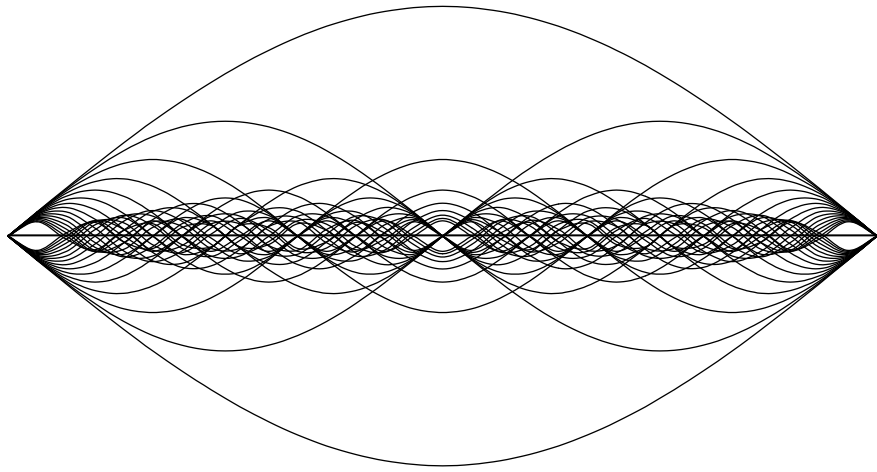
1. P. D. Jose: Sun's Motion and Sunspots, The Astronomical Journal, Vol. 70, Nr.3, 1965.
2. M. Marjanov: The Sun's Orbit and Centers of Gravitation of the Solar System, submitted for publication for The Astronomical Journal, 2005.
3. M. Marjanov: Gravitational Interaction of Two Real Bodies: Complex Harmony of Motions on Stable Orbits, received for publication for Astronomical and Astrophysical Transactions, 2005.
4. Marjanov M. 1997. Gravitational Resonances, Bull. Astron., Belgrade, 156, 9 – 19.
5. Marjanov M. 2005. On the Cause of Resonant Motions of Celestial Bodies, Facta Universitatis, Series: Mechanics, Automatic Control and Robotics, vol. 4, N^o 17, 2005, Niš, 2005 (<http://www.ni.ac.yu/Facta/index.htm>).
6. Neubäcker P. 1993. Harmonik und Glasperlenspiel, Beiträge, Freis Musikzentrum, München, 27-54.
7. Nojbaker P., Čanak M. 1998. Harmonija u pravilnim mnogouglovima i brojnim mandalama, Flogiston br. 7, Beograd.
8. Novacki V. 1966. Dinamika elastičnih sistema, Građevinska knjiga, Beograd.
9. G. Gallavotti: Quasiperiodic motions from Hipparchus to Kolmogorov, Fisica, Università di Roma „La Sapienza“, 2004.
10. I. Stewart: Does God Play Dice?, Penguin Books, London, 1997.

Summary. *By use of the Sun's orbit as the reflex of solar system motion, we prove that the solar system is quasiperiodic. Namely, the Sun's center of mass position vector contains periodic functions (position vectors of the planets with respect to the Sun) and periods of these functions are not related as rational fractions.*

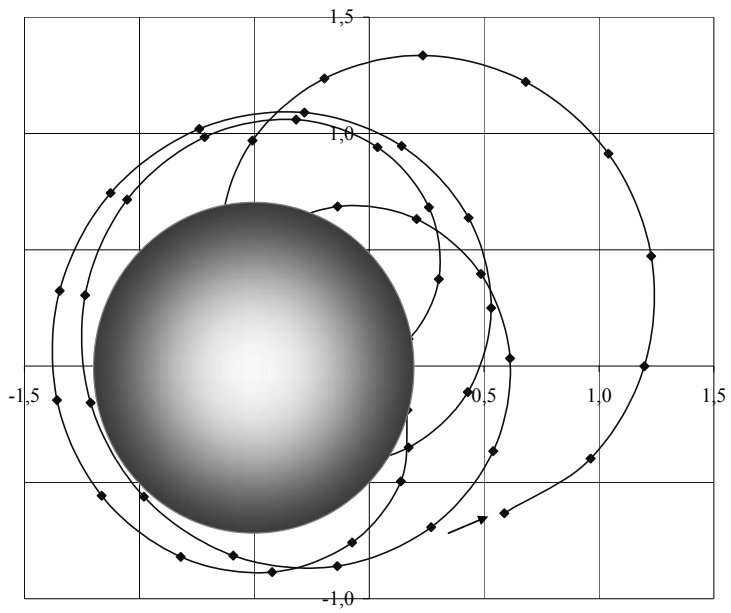
It means that one configuration of planets is unique, so that it will occur never again.

On the other hand, possibility of periodic repetition of the close configurations is not excluded, of course. With slight change of the orbital periods (and of the solar system geometry), one may obtain the periodic system close to the real solar system and its corresponding period.

Key words: *solar system, periodicity, quasiperiodicity, Pythagoras*

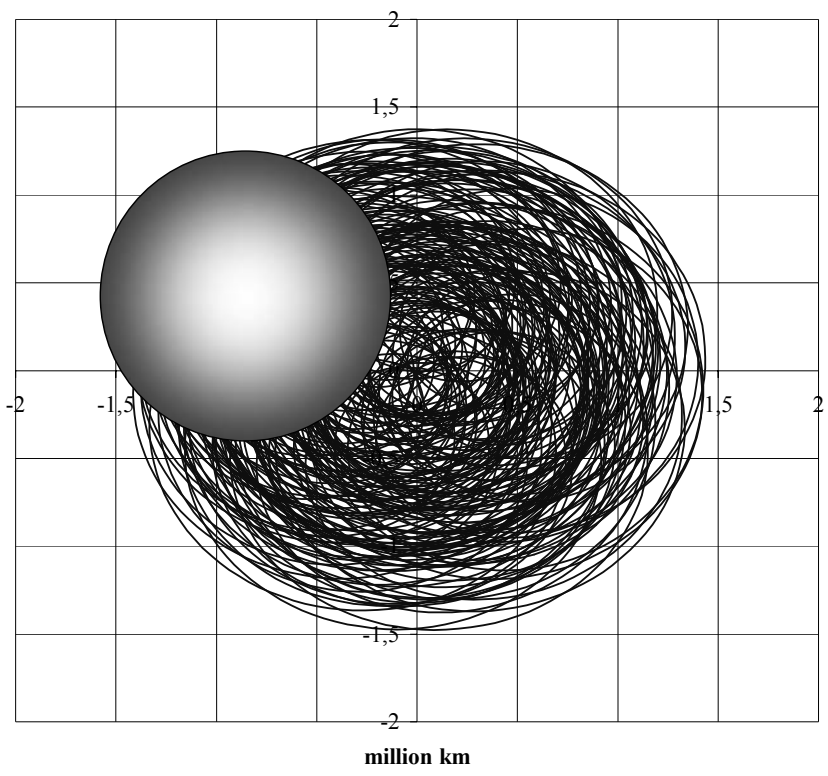


Sl. 1



mill. km.

Sl. 2



Sl. 3

UVOD U MOLEKULARNU REOLOŠKO-DINAMIČKU ANALOGIJU

D.D. Milašinović¹

UDK:539.42:539.12

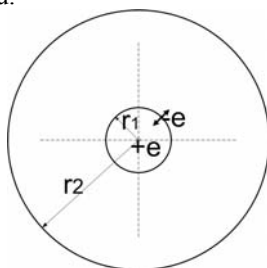
Rezime: U ovom radu, primjenom reološko-dinamičke analogije (RDA) je formulisan unapređeni visko-elasto-plastični Schrödingerov kvantni harmonijski oscilator. Nađeno je granično međuatomsko rastojanje i frekvencija oscilovanja atoma, te kritični napon loma, koncentracija napona i dinamička čvrstoća kristalne laticе. Dokazano je da je klasični Schrödingerov kvantni harmonijski oscilator ekvivalentan idealno elasto-plastičnom, dok je unapređeni ekvivalentan visko-elasto-plastičnom reološkom modelu ponašanja materijala.

Ključne riječi: Granično međuatomsko rastojanje, frekvencija oscilovanja, kritični napon loma, koncentracija napona, dinamička čvrstoća.

1. REOLOŠKO-DINAMIČKI MODEL BOHROVOG ATOMA

1.1. Uvod

U objašnjavanju građe atoma postulate kvantne teorije prvi je primjenio Niels Bohr (1913). On je pretpostavio da se oko jezgra atoma elektroni kreću po određenim kružnim orbitama, sl. 1. Promjena energije elektrona može biti posljedica isključivo kvantnog preskoka s jedne orbite na drugu.



Slika 1. Šematski prikaz sile koje djeluju na elektron u atomu vodonika

Shodno ovoj teoriji, atom vodonika sastoji se od jednog protona i jednog elektrona, gdje se elektron kao materijalna tačka kreće po kružnoj putanji oko protona. Poluprečnik putanje ostaje neizmjenjen ukoliko postoji ravnoteža između sile privlačenja i centrifugalne sile.

¹ Dr. Dragan D. Milašinović, dipl inž građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e-mail: ddmil@gf.su.ac.yu

Imajući u vidu Planckovu teoriju kvanta, Bohr je postulirao kvantne uslove za kretanje elektrona u atomu, kojim se definiše da su stabilne samo one kružne orbite kod kojih je moment količine kretanja jednak proizvodu nekog cijelog broja n i $h/2\pi$:

$$mvr_n = n \frac{h}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

gdje je h Planckova konstanta ($=6.626 \times 10^{-34}$ Js).

Poluprečnici mogućih orbita su:

$$r_n = 0.0529n^2 [nm] \quad (2)$$

Saglasno De Broglieovoj hipotezi, svaka čestica se može dvojako okarakterisati. Tako na primjer, elektron kao česticu karakteriše brzina njegovog kretanja v (ili impuls $p=mv$) i kinetička energija $E_K=mv^2/2$. S druge strane, njegovu talasnu prirodu definiše talasna dužina:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (3)$$

i frekvencija rasprostiranja talasa

$$f = \frac{E}{h} \quad (4)$$

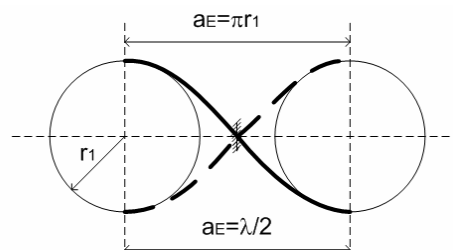
Uvrštavanjem (1) i (2) u (3) dobija se zadivljujući zaključak da je obim prve orbite tačno jednak De Broglieovoj talasnoj dužini.

$$\lambda = \frac{h}{\frac{h}{2\pi r_1}} = 2\pi r_1 = 2\pi 0.0529 \quad (5)$$

1.2. Granično rastojanje i frekvencija oscilovanja atoma

U slučaju propagacije longitudinalnih talasa u idealno elastičnom homogenom dugačkom štapu bez prsline, transver energije se ostvaruje formiranjem stojećeg talasa u njemu (Milašinović, 2000), čija je dužina $\lambda_{st}=\lambda/2$ jednaka dužini štapa. Za model Bohrovog atoma u slučaju najmanjeg poluprečnika orbite elektrona ($n=1$) dužina je jednaka graničnom međuatomskom rastojanju $a_1=a_E$ koje odgovara minimumu potencijalne energije za ravnotežno stanje atoma, sl. 2.

$$a_1 = a_E = \frac{\lambda}{2} = \pi r_1 = \pi 0.0529 [nm] \quad (6)$$



Slika 2. Transfer energije između atoma stojećim talasom

Frekventna jednačina iz koje slijede svojstvene frekvencije štapa dužine l_0 i sa slobodnim krajevima, a koji ima slobodne podužne vibracije je

$$\sin\left(\frac{p_i l_0}{c}\right) = 0 \quad (7)$$

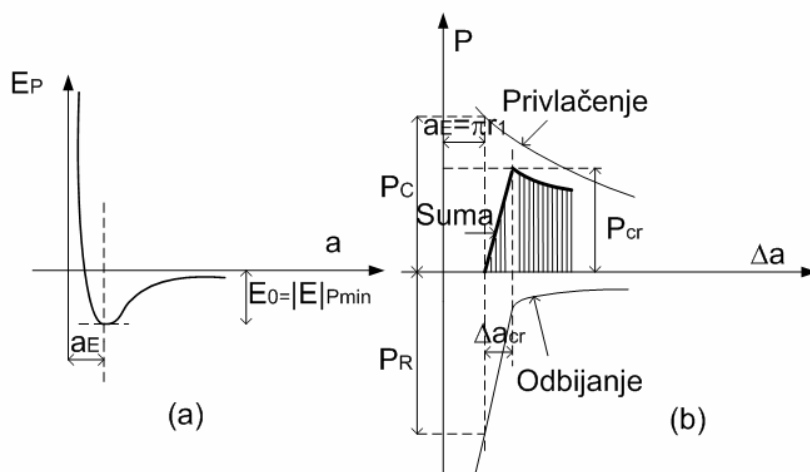
tako da su svojstvene frekvencije

$$p_i = i\pi \frac{c}{l_0} \quad (8)$$

Ako se ponovo za dužinu uzme granično međuatomsko rastojanje πr_1 , onda dolazimo do frekvencije oscilovanja atoma (nalaze se u infracrvenoj oblasti i iznose 3×10^{12} - 3×10^{14} Hz)

$$p_1 = f = \pi \frac{c}{\pi r_1} = \frac{c}{r_1} = \frac{1}{r_1} \sqrt{\frac{E_H}{\rho}} \quad (9)$$

gdje je $c = \sqrt{E_H/\rho}$ brzina propagacije talasa.



Slika 3. Veza između potencijalne energije i kritične sile za ravnotežno stanje atoma

Na Sl. 3 je prikazana veza između potencijalne energije E_p i kritične sile P_{cr} kod modela dvoatomne molekule pri kritičnom pomjeranju Δa_{cr} iz ravnotežnog položaja u nultom energetske stanju.

Primjer 1. Sračunati frekvenciju oscilovanja atoma gvožđa

Atomski Bohrov radijus gvožđa (Fe) $r_1 = 0.1241 \times 10^{-9} m$

Modul elastičnosti gvožđa $E_H = 2 \times 10^{11} N/m^2$

Zapreminska masa gvožđa $\rho = 7850 kg/m^3$

$$f = \frac{c}{r_1} = \frac{1}{0.1241 \cdot 10^{-9}} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11}}{7850}} = 4.067 \cdot 10^{13} Hz$$

1.3. Kritični napon loma kristalne latice (teorijska čvrstoća materijala)

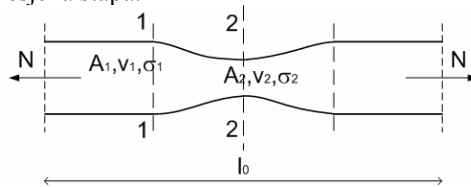
Žilavost ili brzina oslobađanja potencijalne energije se prema reološko-dinamičkoj analogiji, sl. 4, dobija pomoću Bernoullieve energetske teoreme (Milašinović, 2003)

$$\sigma_1 + \frac{1}{2} \rho \dot{\epsilon}_1^2 = \sigma_2 + \frac{1}{2} \rho \dot{\epsilon}_2^2 = \sigma_2 + \frac{1}{2} \rho \left(\frac{A_1}{A_{red}} \right)^2 \dot{\epsilon}_1^2$$

primjenjene na štapu konačne dužine l_0

$$G = 2\gamma = \left(\frac{\phi}{\phi_{red}} + 1 \right) \frac{\sigma^2 l_0}{2E_H} \quad (10)$$

gdje je $\sigma = \sigma_1$ napon na osnovnom kružnom poprečnom presjeku, a ϕ_{red} redukovana površina poprečnog presjeka štapa.



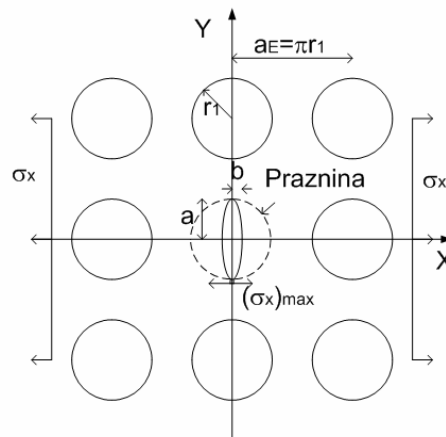
Slika 4. Transver energije duž dugačkog štapa sa redukcijom poprečnog presjeka

U slučaju idealno elastičnog materijala pri brzini propagacije talasa $c = \sqrt{E_H/\rho}$ neznatna je kontrakcija poprečnog presjeka ($\Phi/\Phi_{red}=1$), pa je za model Bohrovog atoma prema (10)

$$2\gamma = \frac{\sigma^2 a_E}{E_H} \quad (11)$$

odakle dalje sračunavamo γ , što je specifična površinska energija ili površinski napon.

$$2\gamma = \frac{\sigma^2 \pi r_1}{E_H} [J/m^2] \quad (12)$$



Slika 5. Klasična Griffithova prslina u kristalnoj latici

Dobiveni izraz je ujedno i Griffithovo rješenje (1921, 1925) kojeg je dobio koristeći rješenje Inglisa (1913) u analizi slučaja eliptične prsline za ploču pod jednoliko raspodjeljenim opterećenjem i kojeg je nazvao brzina oslobađanja potencijalne energije ili sila potrebna za razvoj prsline. Kristalasti materijali kao što su metali sadrže veoma veliki broj ekstremno malih kristala. Svaki od njih je sistem atoma poredanih gusto u pravilnim redovima. Ovakva forma se naziva kristalna latica i prikazana je na sl. 5. Tako prema Griffithu, a na osnovu (12) imamo kritični napon loma kristalne latice koji izaziva propagaciju prsline.

$$\sigma_{cr} = \sqrt{\frac{2\gamma E_H}{\pi a_1}} \quad (13)$$

2. SCHRÖDINGEROVA JEDNAČINA I REOLOŠKI MODEL KVANTNOG HARMONIJSKOG OSCILATORA

2.1. Uvod

U suštini elektron u atomu nije lokalizovan. On može da se nalazi u ma kojoj oblasti oko jezgra, ali sa različitim stepenom vjerovatnoće na različitim mjestima. Na osnovu postulata De Brogliea, E. Schrödinger je formulisao modernu kvantnu mehaniku. U skladu sa tim, on je prvi sugerisao da energetske nivoi (ili kvantna stanja) elektrona mogu odgovarati stojećim talasima sa različitim brojem mjesta, za koja je vrijednost amplituda jednaka nuli. Drugim rječima, za elektrone važi zavisnost koja je slična jednačini koja definiše harmonijske vibracije žice učvršćene na oba kraja:

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{4\pi^2}{\lambda^2} u = 0, \quad (14)$$

Ovo je čuvena i poznata talasna jednačina gdje je $k=2\pi/\lambda$ talasni broj, u je vrijednost amplitude u svakoj tački posmatranog sistema, a λ talasna dužina.

Ako se u ovoj jednačini amplituda u zamjeni talasnom funkcijom $\psi(x,y,z)$, vodeći računa o De Broglievoj jednačini, dobija se talasno-mehanički oblik energetske jednačine:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - E_p) \psi = 0, \quad (15)$$

gdje je m masa elektrona, h Planckova konstanta, E ukupna energija elektrona i E_p potencijalna energija elektrona. Veličina ψ , koja se zove talasna funkcija, sama za sebe nema fizičko značenje.

Ako je ponašanje jedne čestice nezavisno od drugih onda se njeno ponašanje može opisati jednačinom (15), pri čemu je $E_p=0$. Neka je kretanje čestice ograničeno samo na jednu dimenziju, u pravcu x ose; u tom slučaju za ovaj jednodimenzionalni problem Schrödingerova jednačina se redukuje na:

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} E \psi = 0 \quad (16)$$

Schrödingerova ogromna zasluga sastoji se u tome što je talasni broj u poznatoj talasnoj jednačini zamjenio kvantnim "korpuskularnim" veličinama.

2.2. Kvantni harmonijski oscilator

Dvoatomna molekula (dm) vibrira slično dvjema masama spojenim oprugom sa potencijalnom energijom E_p koja zavisi od kvadrata pomjeranja iz ravnotežnog položaja. Atomi dvoatomnog molekula, uopšte uzevši, mogu biti vrlo različitih masa. Jedan od njih, na primjer, može biti atom vodonika, a drugi jedan od teških atoma tako da njegova masa bude mnogo veća od mase atoma vodonika, odnosno praktički od mase protona. U Schrödingerovoj jednačini tada figuriše redukovana masa koja je manja od manje mase atoma. Slučajevi sa jednakim masama atoma su specijalni.

$$m_{dm} = \frac{m_r m_R}{m_r + m_R} \quad (17)$$

Kružna frekvencija oscilovanja dvoatomne molekule je data izrazom

$$\omega_{dm}^2 = \frac{k_{dm}}{m_{dm}} \quad (18)$$

Kružnu frekvenciju oscilovanja možemo dobiti i iz jednačine reološkog modela (Milašinović, 2000) posmatrajući stanje kritičnog deformisanja, za koje je $E_K/\lambda_K = H/\lambda_N$ ($\lambda_K = E_K T_K$, $\lambda_N = H T^*$, $T_K = T^*$)

$$\omega_{dm} = \sqrt{\frac{E_K H'}{\lambda_K \lambda_N}} = \sqrt{\frac{1}{T_K T^*}} = \frac{1}{T_K^D} \quad (19)$$

T_K^D je vrijeme za koje talas brzine c , propagira granično međuatomsko rastojanje.

$$T_K^D = \frac{a_E}{c} = \frac{\pi}{f} \quad (20)$$

Primjer 2. Sračunati kružnu frekvenciju oscilovanja, vrijeme retardacije T_K^D i krutost (koeficijent restitucije) dvoatomne molekule gvožđa

Atomska masa gvožđa (Fe) $m = 55.85 \text{ amu} = 55.85 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g} = 92.71 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Redukovana masa $m_{dm} = m/2 = 46.355 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Frekvencija oscilovanja atoma gvožđa $f = 4.067 \times 10^{13} \text{ Hz}$

$$\omega_{dm} = \frac{f}{\pi} = \frac{4.067 \cdot 10^{13}}{\pi} = 1.295 \cdot 10^{13} \text{ rad / s}$$

$$T_K^D = \frac{1}{\omega_{dm}} = \frac{1}{1.295 \cdot 10^{13}} = 7.722 \cdot 10^{-14} \text{ s} = 772.2 \text{ ps}$$

$$k_{dm} = \omega_{dm}^2 m_{dm} = (1.295 \cdot 10^{13})^2 \cdot 46.355 \cdot 10^{-27} = 7.7686 \text{ N / m}$$

Rješenje za talasnu funkciju prema (16) u slučaju kvantnog harmonijskog oscilatora je

$$\psi(x) = C e^{-\alpha x^2 / 2}, \quad (21)$$

što nakon uvrštavanja konturnih uslova daje totalnu energiju E dvoatomne molekule u nultom energetskom stanju

$$E_0 = \frac{1}{2} h f \quad (22)$$

Prema kvantnoj teoriji mogu se odrediti vrijednosti totalne energije kvantnog harmonijskog oscilatora i na ostalim energetskim nivoima, prema relaciji

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) hf \quad (23)$$

Primjer 3. Sračunati prve dvije totalne energije dvoatomne molekule gvožđa

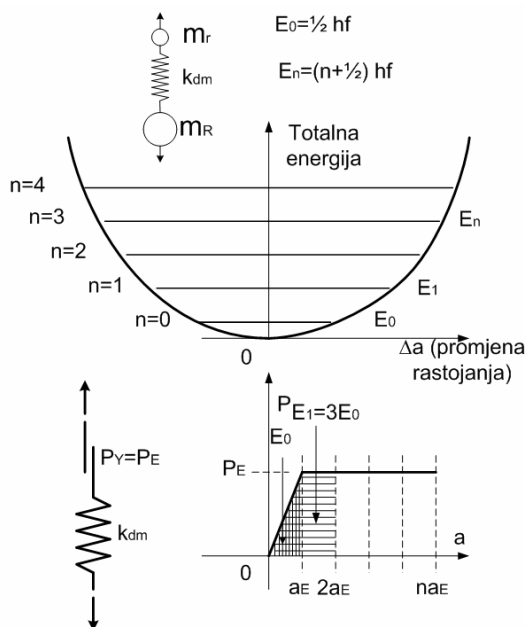
Frekvencija oscilovanja atoma gvožđa $f=4.067 \times 10^{13} \text{ Hz}$

Planckova konstanta $h=6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$

$1 \text{ eV (elektrovolt)} = 1.60219 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 4.067 \cdot 10^{13} = 1.347 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0.084 \text{ eV}$$

$$E_1 = \left(1 + \frac{1}{2} \right) \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 4.067 \cdot 10^{13} = 4.04 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0.252 \text{ eV}$$



Slika 6. Veza između totalne energije i izlaznog rada pri formiranju defekta (prslina)

Na sl. 6 je prikazana veza između totalne energije E_n dvoatomne molekule i izlaznog rada atoma A_n sa energetskog nivoa n kada dolazi do stvaranja defekta (prslina) ili njene propagacije. Matematičku vezu formulišemo na osnovu RDA teoreme o prslini:

RDA teorema o prslini (tačkastom defektu u kristalnoj latici).

Ako je od dvoatomne molekule primljena energija manja od izlaznog rada atoma A_n atom ne može da napusti laticu i tačkasti defekt ili mikroprslina se ne javlja. Međutim kada je primljena energija veća, onda atom napušta laticu kinetičkom energijom, koja

je jednaka razlici energije dvoatomne molekule i izlaznog rada. Pri ovome važi sljedeći bilans energije:

$$E_n = A_n + E_k \quad (24)$$

Pri interakciji atom ne mora da primi totalnu energiju dvoatomne molekule dok osciluje na nekom energetsom nivou. S druge strane, atom može djelimično da izgubi dio energije pa atomi iz tih razloga napuštaju svoja mjesta sa različitim energijama. Međutim pri ovome postoji maksimalna vrijednost energije, koju imaju po izlasku oni atomi koji su primili cjelokupnu totalnu energiju dvoatomne molekule i za koje važi relacija (24). To je slučaj kada je maksimalna kinetička energija atoma jednaka nuli, što daje $E_n = A_n$ (potencijalna energija je ekstremna). Na osnovu ovoga slijedi proračun međuatomske sile.

$$E_0 = \frac{1}{2} P_E a_E,$$

$$E_1 = \frac{1}{2} P_E a_E + P_E a_E,$$

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) P_E a_E.$$

$$P_E = \frac{hf}{a_E} = \frac{hf}{\pi r_1} \quad (25)$$

Primjer 4. Sračunati međuatomsku silu P_E atoma gvožđa

$$P_E = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 4.067 \cdot 10^{13}}{\pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9}} = 6.912 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

Zapažamo da je međuatomska sila prema Schrödingerovom kvantnom oscilatoru konstantna na svim energetske nivoima, a što je u skladu sa osnovnom postavkom o slobodnim oscilacijama u sredini koja ne pruža otpore kretanju. Osim ovoga, kao vrlo važno, primjećujemo da je dijagram sila-međuatomsko rastojanje na atomskoj skali opisan idealno elasto-plastičnim reološkim modelom što je od posebnog značaja jer pokazuje da je nelinearan linijski problem, linearan vremenski i kao takav mnogo jednostavniji za rješavanje.

2.3. Ekvivalentni kontinuumski model dvoatomne molekule

Dijagram napon-deformacija služi, između ostalog, da se odredi žilavost kristalne latice. Pri ovome se razlikuju: krta lom (za koji je potrebna jedino elastična gustina energije za rastavljanje atoma i stvaranje novih površina duž linije loma); duktilni lom (za kojeg je potrebna i dodatna gustina energije potrebna za plastično deformisanje latice ispred novih površina duž linije loma).

Mjera žilavosti je površina ispod krive napon-deformacija. Kod krtaog loma bez plastičnih deformacija kritična gustina energije w_{cr} je samo elastična, tako da imamo

$$w_{cr} = \frac{\sigma_{cr}^2}{2E_H} [N/m^2 = J/m^3] \quad (26)$$

dok je žilavost γ u slučaju idealne elastičnosti ($\Phi = \Phi_{red}$)

$$2\gamma = \left(\frac{\phi}{\phi_{red}} + 1 \right) \frac{\sigma_{cr}^2 a_E}{2E_H} = 2w_{cr} a_E \Rightarrow \gamma = w_{cr} a_E [J/m^2] \quad (27)$$

Znamo da je gustina energije jednaka energiji po jedinici zapremine ekvivalentnog kontinuumskog modela. Djeljenjem totalne energije u nultom stanju E_0 , sa zapreminom i izjednačavanjem sa kritičnom gustinom elastične energije dolazimo do površinskog napona dvoatomne molekule prikazane na sl. 7,

$$\frac{E_0}{A_{dm} a_E} = w_{cr} = \frac{\gamma}{a_E} \Rightarrow \gamma = \frac{E_0}{A_{dm}} = \frac{E_0 E_H}{k_{dm} \pi r_1} \quad (28)$$

Primjer 5. Sračunati površinski napon, Griffithov kritični napon loma, kritičnu deformaciju i kritičnu gustinu elastične energije kristalne latice gvožđa

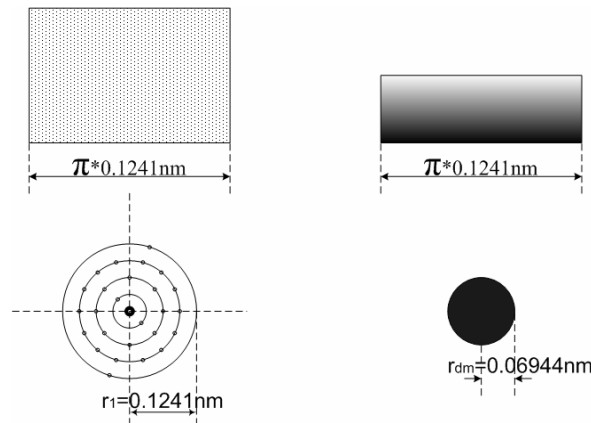
Totalna energija u nultom energetsom stanju $E_0 = 1.347 \times 10^{-20} J$

$$\gamma = \frac{E_0 E_H}{k_{dm} \pi r_1} = \frac{1.347 \cdot 10^{-20} \cdot 2 \cdot 10^{11}}{7.7686 \cdot \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9}} = 0.889 J/m^2$$

$$\sigma_{cr} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.889 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{\pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9}}} = 3.02009 \cdot 10^{10} N/m^2 = 30.2 GPa$$

$$\varepsilon_{cr} = \frac{\sigma_{cr}}{E_H} = \frac{3.02009 \cdot 10^{10}}{2 \cdot 10^{11}} = 0.151$$

$$w_{cr} = \frac{\sigma_{cr}^2}{2E_H} = \frac{(3.02009 \cdot 10^{10})^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 2.2802 \cdot 10^9 J/m^3$$



Slika 7. Molekularni i ekvivalentni kontinuumski dm-model gvožđa

Napon i deformacija na granici elastičnosti dm-modela su:

$$\sigma_E = \frac{P_E}{A_{dm}} = \frac{\sigma_{cr}^2}{E_H} \quad (29)$$

$$\varepsilon_E = \frac{\sigma_E}{E_H} = \left(\frac{\sigma_{cr}}{E_H} \right)^2 = \varepsilon_{cr}^2 \quad (30)$$

Primjer 6. Sračunati napon i deformaciju na granici elastičnosti kao i početnu elastičnu gustinu energije kontinuumskog modela dvoatomne molekule gvožđa. Takođe sračunati poluprečnik zamjenjujućeg štapa dm-modela.

Totalna energija u nultom energetskom stanju $E_0 = 1.347 \times 10^{-20} \text{ J}$
 Međuatomska sila na granici elastičnosti $P_E = 6.912 \times 10^{-11} \text{ N}$

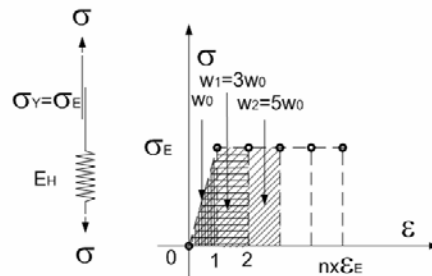
$$A_{dm} = \frac{E_0}{\gamma} = \frac{1.347 \cdot 10^{-20}}{0.889} = 1.515 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$$

$$\sigma_E = \frac{6.912 \cdot 10^{-11}}{1.515 \cdot 10^{-20}} = 45.618 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 \left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_E} = \frac{3.02009 \cdot 10^{10}}{45.618 \cdot 10^8} = 6.62 \right)$$

$$\varepsilon_E = \frac{45.618 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{11}} = 0.0228$$

$$w_0 = \frac{1}{2} \sigma_E \varepsilon_E = 52025246 \text{ J/m}^3 \left(\frac{w_{cr}}{w_0} = \frac{2.2802 \cdot 10^9}{52025246} \approx 44 \right)$$

$$r_{dm} = \sqrt{\frac{1.515 \cdot 10^{-20}}{\pi}} = 6.944 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$



Slika 8. Osnovni reološki model Schrödingerovog kvantnog harmonijskog oscilatora

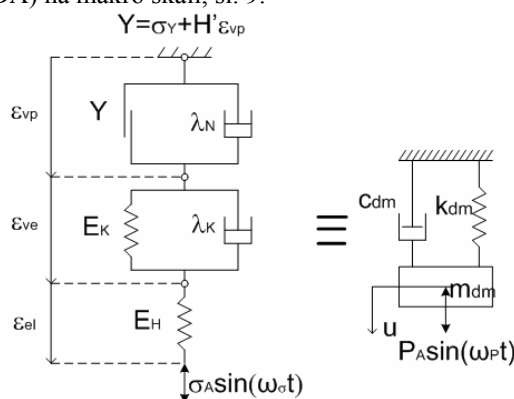
Kao osnovni zaključak ovog dijela možemo navesti činjenicu da je prema reološko-dinamičkoj analogiji dvoatomne molekule kvantovana deformacija. Ovo ima veoma važne posljedice na način tretiranja napona i deformacija uopšte. Naime ako se posmatra osnovni dijagram ovih veličina (odgovara klasičnom idealno elasto-plastičnom reološkom modelu) postoje samo tačke određene kvantnim brojevima, koje definišu parove napona i deformacija i koje odgovaraju energetskim nivoima određenim istim

kvantnim brojevima, sl. 8. Između tih tačaka naponi i deformacije fizički ne postoje jer se energetski nivoi postižu preskokom elektrona. *Ovo objašnjava zašto do loma uvijek dolazi naglo.* Ovi parovi odgovaraju izohronim tačkama, odnosno vrijednostima napona i deformacija sračunatim reološko-dinamičkom analogijom za isti vremenski trenutak. Kod Schrödingerovog kvantnog harmonijskog oscilatora elasto-plastična gustina energije na prvom energetskom nivou je tri puta veća od početne elastične, na drugom pet i tako dalje. Deformacija je na prvom energetskom nivou jednaka dvostrukoj elastičnoj, na drugom trostrukoj itd. Napon je konstantan na granici elastičnosti, a to je i napon tečenja kod ovog reološkog modela.

3. VISKO-ELASTO-PLASTIČNI SCHRÖDINGEROV KVANTNI HARMONIJSKI OSCILATOR

3.1. Visko-elasto-plastične deformacije i naponi kristalne latice

Vidjeli smo da je Schrödingerov kvantni model dvoatomne molekule u reološko-dinamičkom smislu ekvivalentan idealno elasto-plastičnom reološkom modelu. Međutim realne osobine kristalne latice uključuju i viskozne fenomene. Ovo znači da je opštiji model materijala visko-elasto-plastični reološki model za koga je i sastavljena reološko-dinamička analogija (RDA) na makro skali, sl. 9.



Slika 9. Visko-elasto-plastični reološki model i reološko-dinamička analogija

Prema RDA visko-elasto-plastični reološki model na atomskoj skali se može shvatiti kao unapređeni Schrödingerov kvantni harmonijski oscilator koji opisuje oscilacije u sredini koja pruža otpor kretanju jer uključuje viskozne fenomene kristalne latice. Visko-elasto-plastične deformacije i napone dobijamo kako slijedi (Milašinović, 2004):

$$\varepsilon_Y^{(i)} = (1 + i\varphi^*) \varepsilon_E \quad (31)$$

$$Y_p^{(i)} = \sigma_Y + \frac{i-1}{i(1+i\varphi^*)} \sigma_E \quad (32)$$

$i=n$; broj tačaka u kojima su naponi i deformacije određeni za isto vrijeme ili glavni kvantni broj.

$\varphi^* = \frac{\varepsilon_{ve}}{\varepsilon_E}$; koeficijent tečenja ili odnos visko-elastične prema elastičnoj deformaciji,

$$\varphi^* = \frac{b}{1-b} \quad (33)$$

gdje je b konstanta,

$$b = \left[\left(\frac{1}{1 - \frac{\sigma_E}{E_H} \mu} \right)^4 - 1 \right] \frac{E_H}{2\sigma_E} \quad (34)$$

a μ Poissonov koeficijent.
 σ_Y ; napon tečenja

$$\sigma_Y = \frac{1 + \varphi^*}{\varphi^*} \sigma_E \quad (35)$$

Primjer 7. Sračunati deformacije i napone visko-elasto-plastičnog dm-modela gvožđa

Poissonov koeficijent $\mu=1/3$

Napon na granici elastičnosti dvoatomne molekule gvožđa $\sigma_E=4561.8\text{MPa}$

$$b = \left[\left(\frac{1}{1 - \frac{4561.8}{200000} \cdot \frac{1}{3}} \right)^4 - 1 \right] \frac{200000}{2 \cdot 4561.8} = 0.68$$

$$\varphi^* = \frac{0.68}{1-0.68} \approx 2$$

$$\sigma_Y = \frac{1+2}{2} = 1.5 \cdot \sigma_E$$

$$\varepsilon_Y^{(1)} = (1+1 \cdot 2)\varepsilon_E = 3 \cdot \varepsilon_E$$

$$Y_p^{(1)} = 1.5 \cdot \sigma_E = \sigma_Y$$

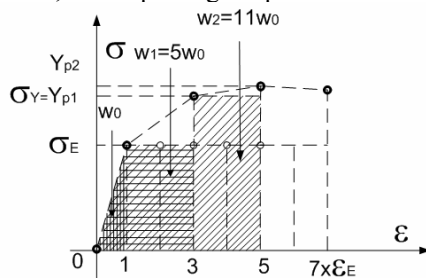
$$\varepsilon_Y^{(2)} = (1+2 \cdot 2)\varepsilon_E = 5 \cdot \varepsilon_E$$

$$Y_p^{(2)} = \frac{3}{2} \sigma_E + \frac{2-1}{2 \cdot (1+2 \cdot 2)} \sigma_E = \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{10} \right) \sigma_E = 1.6 \cdot \sigma_E$$

$$\varepsilon_Y^{(3)} = (1+3 \cdot 2)\varepsilon_E = 7 \cdot \varepsilon_E$$

$$Y_p^{(3)} = \frac{3}{2} \sigma_E + \frac{3-1}{3 \cdot (1+3 \cdot 2)} \sigma_E = \left(\frac{3}{2} + \frac{2}{21} \right) \sigma_E = 1.595 \cdot \sigma_E$$

Rezultati visko-elasto-plastičnih deformacija i napona na prva tri energetska nivoa su prikazani na sl. 10. Ovdje možemo zaključiti da je kod visko-elasto-plastičnog Schrödingerov kvantnog oscilatora deformacija na prvom energetskom nivou tri puta, gustina energije čak pet puta, dok je napon tečenja 1.5 puta veći od elastičnog. Deformacija na drugom energetskom nivou je pet puta, gustina energije jedanaest puta, dok je napon 1.6 puta veći od elastičnog. Deformacija na trećem energetskom nivou je sedam puta veća od elastične, dok napon lagano pada i iznosi 1.595 puta elastični.



Slika 10. Visko-elasto-plastične deformacije i naponi na prva tri energetska nivoa unapređenog Schrödingerov kvantnog harmonijskog oscilatora

Značajno veća gustina energije, deformacija i napon tečenja kod visko-elasto-plastičnog kvantnog oscilatora u odnosu na osnovni elasto-plastični je rezultat unutrašnjeg trenja u kristalnoj latici (uvedenog koeficijentom tečenja φ^) koje se suprotstavlja preskoku elektrona na viši energetska nivo.*

3.2. Koncentracija napona kristalne laticе

Fenomen koncentracije napona u okolini malih šupljina (defekt u atomskoj strukturi) koji narušavaju homogeni izotropni kontinuum davno je uočen i uspješno rješavan metodama teorije elastičnosti. Tako je dokazano da u slučaju kružne šupljine u ploči zategnutoj jednolikim naponom, napon na rubu šupljine dostiže trostruku vrijednost napona zatezanja. Ako je šupljina u materijalu eliptičnog oblika, vidi sl. 5, koncentracija napona za slučaj jedno-osnog naponskog stanja, upravnog na osu elipse dužine $2a$ je (Timoshenko i Goodier, 1962)

$$\sigma_m = \sigma \left(1 + \frac{2a}{b} \right) \quad (36)$$

gdje je $2b$ dužina druge ose elipse.

Prema reološko-dinamičkoj analogiji koncentracija napona je (Milašinović, 2006)

$$\sigma_m^{(i)} = Y_p^{(i)} \left(1 + i\varphi^* \frac{\sigma_Y}{Y_p^{(i)}} \right) \quad (37)$$

Primjer 8. Sračunati koncentraciju napona na prva tri energetska nivoa u kristalnoj latici gvožđa uzrokovanu izlaskom jednog atoma sa svog mjesta nakon čega nastaje tačkasti defekt poznat kao praznina, vidi sl. 5.

Koeficijent tečenja $\varphi^=2$*

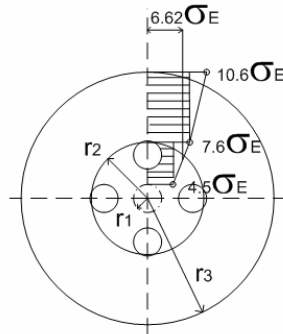
$$\sigma_m^{(1)} = Y_p^{(1)}(1 + 2 \cdot 1) = 3 \cdot \sigma_Y = 1.5 \cdot 3 \cdot \sigma_E = 4.5 \cdot \sigma_E$$

$$\sigma_m^{(2)} = 1.6 \cdot \sigma_E \left(1 + 2 \cdot 2 \frac{1.5}{1.6} \right) = 7.6 \cdot \sigma_E$$

$$\sigma_m^{(3)} = 1.595 \cdot \sigma_E \left(1 + 3 \cdot 2 \frac{1.5}{1.595} \right) = 10.595 \cdot \sigma_E$$

Koncentracija napona, koja je prikazana na sl. 11, je na prvom energetskom nivou upravo tri puta napon tečenja što je u skladu sa teorijom elastičnosti kada je u pitanju kružna šupljina, koju za sobom ostavlja izlazeći atom.

Kada se nekim vanjskim djelovanjem elektroni pobuđuju oni nastoje izvršiti kvantni preskok na viši energetski nivo. Međutim kako je kritični napon loma $6.62\sigma_E$ vidimo da prije nego što elektroni preskoče na drugi energetski nivo, gdje je koncentracija napona $7.6\sigma_E$, čvrstoća latice će biti prekoračena, jer je $7.6 > 6.62$.



Slika 11. Koncentracija napona oko tačkastog defekta (praznine) na prva tri energetska nivoa

Prekoračenje čvrstoće latice će tako izazvati propagaciju prsline koja se formira u praznini prije nego što bude mogao biti obavljen kvantni preskok elektrona na drugi energetski nivo.

3.3. Propagacija prsline, zakon „size effect“ i dinamička čvrstoća kristalne latice

Zbog prekoračenja čvrstoće latice sljedeći atom ispred vrha prsline nestaje sa svog mjesta formirajući prazninu odnosno dužinu prsline $2a_E = 2\pi r_1$. Ako vanjski uticaji i dalje pobuđuju elektrone dužina prsline može biti $3a_E, 4a_E, \dots, na_E$, gdje je n glavni kvantni broj. Tako prema formuli (13) imamo kritični napon loma kristalne latice koji izaziva propagaciju prsline i na višim energetskim nivoima

$$\sigma_{cr}^{(n)} = \sqrt{\frac{2\gamma E_H}{n\pi r_1}} = n^{-\frac{1}{2}} \sigma_{cr} \quad (38)$$

Vidi se da čvrstoća kristalne latice pada sa povećanjem dužine prsline prema poznatom zakonu „size effect“ u linerno elastičnoj mehanici loma (Bažant, 2002), jer je nagib prave linije u logaritamskoj razmjeri $-1/2$.

Međutim prema RDA teoriji, zakon „size effect“ će biti kriva linija, kojom su uključene viskozne osobine kristalne laticice i kojom je definisan napon zamora ili dinamička čvrstoća kristalne laticice (Milašinović, 2006)

$$\sigma_e^{(n)}(-1) = \frac{1+n\varphi^*}{1+\varphi^*+n\varphi^*} \sigma_{cr}^{(n)} = n^{-\frac{1}{2}} \frac{1+n\varphi^*}{1+\varphi^*+n\varphi^*} \sigma_{cr} \quad (39)$$

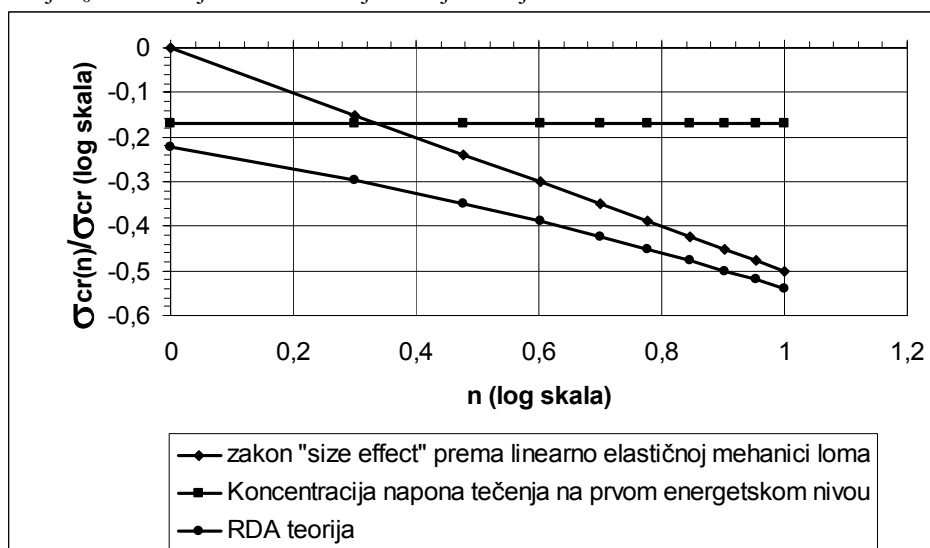
Formula se odnosi na simetričan ciklus ($r=-1$) i relativnu frekvenciju

$$\delta_{dm} = \frac{\omega_\sigma}{\omega_{dm}} \approx 10,$$

gdje je vanjska kružna frekvencija

$$\omega_\sigma = 2\pi f_\sigma,$$

dok je f_σ frekvencija izazvana vanjskim djelovanjem na kristalnu laticicu.



Slika 12. Zakoni „size effect“ kristalne laticice

Primjer 9. Sračunati dinamičku čvrstoću kristalne laticice gvožđa u simetričnom ciklusu na prvom energetskom nivou

Odnos napona loma prema naponu na granici elastičnosti $\sigma_{cr}/\sigma_E=6.62$

$$\sigma_e^{(1)}(-1) = 1^{-\frac{1}{2}} \frac{1+1 \cdot 2}{1+2+1 \cdot 2} \sigma_{cr} = \frac{3}{5} \sigma_{cr} = 0.6 \sigma_{cr} = 0.6 \cdot 6.62 \sigma_E = 3.972 \sigma_E$$

Kako je sračunata dinamička čvrstoća kristalne laticice gvožđa manja od koncentracije napona na prvom energetskom nivou ($3.972\sigma_E < 4.5\sigma_E$) sl. 13, jasno je da propagacija prslina može da krene i sa nultog energetskog nivoa.

Ovo je međutim ipak vrlo rijedak slučaj jer podrazumjeva simetričan ciklus u kome je naponska amplituda u punom svom iznosu dinamička i mijenja se od +30200.9MPa do -30200.9MPa.

3.4. Rekapitulacija izvedenih formula za dvoatomnu molekulu

Osnovni element za proučavanje bio je atom koji ima zadanu masu i sračunato granično međuatomsko rastojanja a_E između atoma m_r i m_R na nultom energetskom nivou, pri njihovom oscilovanju u pravcu djelovanja sile uzajamnog dejstva.

Napomenimo da se rastojanje a_E u fizikalnoj hemiji naziva specifično rastojanje za dati par atoma. Ono se može izmjeriti difrakcijom x-zraka kada se temperatura i ostali faktori kontrolišu.

Što se tiče sile među atomima zna se da Coulombova elektrostaticka sila privlačenja daje u sumi sa silom odbijanja poznatu rezultantnu silu P_E u funkciji rastojanja između atoma

$$P_E = k_0 \frac{(Z_1 q)(Z_2 q)}{a_E^2} - \frac{bn}{a_E^{n+1}}$$

gdje su: $Z_1 q, Z_2 q$ - naelektrisanja; k_0, b i n empirijske konstante.

S druge strane Newtonovom mehanikom se rješava „problem dva tijela“, odnosno traži se sila među tijelima koji imaju mase i rastojanje između centara masa uz predhodno definisano kretanje tijela. Kod kretanja Schrödingerovog kvantnog oscilatora Newtonova sila uzajamnog dejstva je sila opruge

$$P_E = k_{dm} \Delta a_E = \frac{m_r m_R}{m_r + m_R} \omega_{dm}^2 \varepsilon_E \pi r_1$$

Primjer 10. Sračunati kritičnu elastičnu silu uzajamnog dejstva dva atoma gvožđa duž pravca njihovog djelovanja i potencijalnu energiju za ravnotežno stanje atoma, saglasno Newtonovoj mehanici.

Granično međuatomsko rastojanje $a_E = 0.1241 \times 10^{-9} m$

Krutost (koeficijent restitucije) dvoatomne molekule gvožđa $k_{dm} = 7.7686 N/m$

$$\Delta a_{cr} = \varepsilon_{cr} a_E = \sqrt{\varepsilon_E} \pi r_1 = \sqrt{0.0228} \cdot \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9} = 5.8869 \cdot 10^{-11} m$$

$$P_{cr} = \frac{m_r m_R}{m_r + m_R} \omega_{dm}^2 \Delta a_{cr} = k_{dm} \Delta a_{cr} = 7.7686 \cdot 5.8869 \cdot 10^{-11} = 4.573 \cdot 10^{-10} N$$

$$E_{P_{min}} = \frac{1}{2} k_{dm} \Delta a_{cr}^2 = \frac{1}{2} 7.7686 \cdot (5.8869 \cdot 10^{-11})^2 = 1.347 \cdot 10^{-20} J$$

Ovaj rezultat za potencijalnu energiju potvrđuje ispravnost dosadašnjih postavki reološko-dinamičke analogije na molekularnom nivou jer pokazuje da se na kritičnom pomjeranju Δa_{cr} od graničnog rastojanja $a_E = \pi r_1$ ona izjednačava sa totalnom energijom E_0 u nultom energetskom stanju. Neznatnim uvećanjem Δa_{cr} prekoračuje se čvrstoća materijala, te ni sila uzajamnog dejstva dva atoma koja je direktno proporcionalna čvrstoći materijala više ne postoji. Značajnije je svakako što se pokazaje da je sila uzajamnog dejstva dva atoma bezuslovno sila u Newtonovom smislu, kao što je na primjer i gravitaciona sila kojom zemlja mase M_z privlači tijelo mase m (Vujičić, 2004).

$$F = \frac{M_z m}{M_z + m} g$$

Razlika je jedino u zakonu kretanja jer je u primjeru gravitacione sile riječ o vertikalnom padu tijela na zemlju, dok je kod atoma riječ o harmonijskim vibracijama.

Koeficijent tečenja i napon na granici tečenja

$$b = \left[\left(\frac{1}{1 - \varepsilon_E \mu} \right)^4 - 1 \right] \frac{1}{2\varepsilon_E}, \quad \varphi^* = \frac{b}{1-b}, \quad \sigma_Y = \frac{1 + \varphi^*}{\varphi^*} \sigma_E$$

Visko-elasto-plastične deformacije i naponi na višim energetske nivoima (i: glavni kvantni broj)

$$\varepsilon_Y^{(i)} = (1 + i\varphi^*)\varepsilon_E, \quad i = 1, 2, \dots, \quad Y_p^{(i)} = \sigma_Y + \frac{i-1}{i(1+i\varphi^*)}\sigma_E$$

Koncentracija napona na višim energetske nivoima

$$\sigma_m^{(i)} = Y_p^{(i)} \left(1 + i\varphi^* \frac{\sigma_Y}{Y_p^{(i)}} \right)$$

Kritični napon loma kristalne latice i kritična deformacija

$$\sigma_{cr} = \sqrt{\frac{2\gamma E_H}{\pi_1}} = \sqrt{\sigma_E E_H}, \quad \varepsilon_{cr} = \sqrt{\varepsilon_E}$$

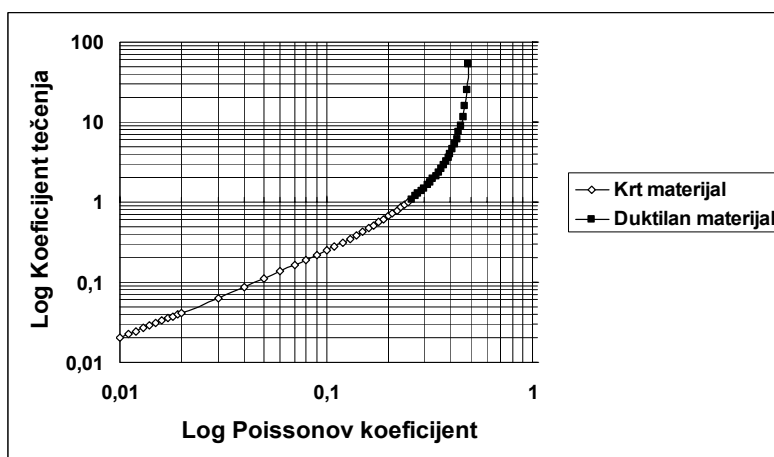
Kritični napon loma kristalne latice na višim energetske nivoima (n: glavni kvantni broj)

$$\sigma_{cr}^{(n)} = n^{-\frac{1}{2}} \sigma_{cr}$$

Dinamička čvrstoća kristalne latice u simetričnom ciklusu na višim energetske nivoima

$$\sigma_e^{(n)}(-1) = n^{-\frac{1}{2}} \frac{1 + n\varphi^*}{1 + \varphi^* + n\varphi^*} \sigma_{cr}$$

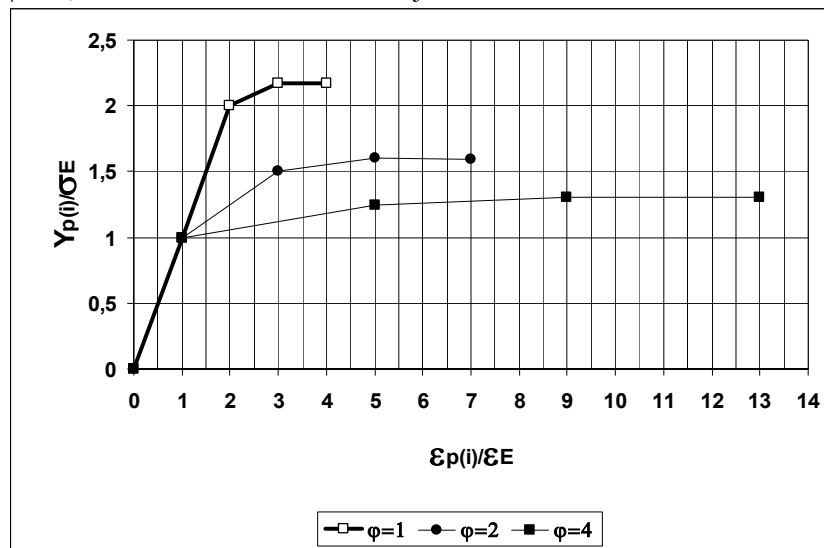
3.5. Reološko-dinamički kriterij duktilnosti kristalne latice



Slika 14. Funkcionalna zavisnost koeficijenta tečenja od Poissonovog koeficijenta

Na sl. 14 je prikazana funkcionalnu zavisnost koeficijenta tečenja od Poissonovog koeficijenta (Milašinović 2003) gdje su apscisa i ordinata prikazane o logaritamskoj razmjeri. Do vrijednosti Poissonovog koeficijenta 0.25 (izotropna čvrsta materija sa promjenjivom zapreminom), a što odgovara koeficijentu tečenja jednakom jedinici, zavisnost je praktično prava linija. Iza je to kriva linija koja asimptotski teži u beskonačnost kada Poissonov koeficijent teži 0.5 (materija je nestišljiva, kao na primjer tečnost).

Kako napon na granici tečenja funkcionalno zavisi od veličine $(1+\varphi^*)/\varphi^*$, vidimo da će naponi tečenja, za koeficijente tečenja manje od jedan, biti veći od dvostruke vrijednosti napona na granici elastičnosti, sl. 15. Ovo dalje znači da će nagib na krivu napon-deformacija rasti, a što karakteriše osobinu krтости čvrstog materijala. Granični slučaj je kada $\varphi^* \rightarrow 0$, što karakteriše idealno čvrsto tijelo.



Slika 15. Kriterij duktilnosti čvrstog materijala kristalne latice

Isto tako će naponi tečenja, za koeficijente tečenja veće od jedan, biti manji od dvostruke vrijednosti napona na granici elastičnosti. Ovo dalje znači da će nagib na krivu napon-deformacija padati, sl. 15, a što karakteriše osobinu duktilnosti čvrstog materijala. Granični slučaj je kada $\varphi^* \rightarrow \infty$, što karakteriše idealno plastičnu čvrstu materiju ili nestišljivu tečnost. Reološki idealno plastična čvrsta materija je opisana klasičnim Schrödingerovim kvantnim harmonijskim oscilatorom, kako je u radu i objašnjeno.

Prema tome reološko-dinamički kriterij duktilnosti čvrste materije kristalne latice je:

$$1 < \varphi^* < \infty \text{ ili } 0.25 < \mu < 0.5, \text{ duktilan čvrst materijal (40)}$$

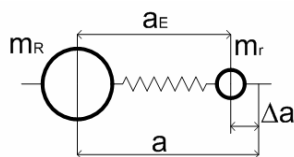
$$0 < \varphi^* \leq 1 \text{ ili } 0 < \mu \leq 0.25, \text{ krt čvrst materijal}$$

4. HARMONIJSKE VIBRACIJE KRISTALNE LATICE

4.1. „Semi-definite“ sistem

Problem dvije različite mase (m_1, m_2) koje su spojene oprugom k (slično kao što je to bilo i u slučaju Schrödingerovog kvantnog oscilatora za dvoatomnu molekulu) pojavljuje se u teoriji vibracija pod nazivom „semi-definite“ sistem, sl.16. Kako su u pitanju dvije mase ovaj problem se proučava kao sistem sa dva stepena slobode čijim rješavanjem u slučaju slobodnih vibracija se dobijaju dvije svojstvene kružne frekvencije: $\omega_1=0$, i $\omega_2=\sqrt{k(m_1+m_2)/m_1m_2}$ rad/s.

Jedna kružna frekvencija je nula što znači da je sistem u stanju mirovanja. Drugim rječima obe mase se kreću kao jedna i imaju relativno kretanje među sobom. Ta jedna masa je redukovana masa $m_1m_2/(m_1+m_2)$ koja se u istom obliku pojavljuje i kod Schrödingerovog kvantnog oscilatora ili kod Newtonove sile (Vujičić 2004).



Slika 16. „Semi-definite“ sistem

Ako relativno kretanje među masama dvoatomne molekule označimo sa

$$\Delta a = a - a_E \quad (41)$$

problem se može riješiti kao model sa jednim stepenom slobode

$$m_{dm} \ddot{\Delta a} + k_{dm} \Delta a = 0 \quad (42)$$

čije je opšte rješenje dobro poznato

$$\Delta a = A \sin \omega_{dm} t + B \cos \omega_{dm} t \quad (43)$$

Uzmemo li kao početni uslov u $t=0$, početnu promjenu pomjeranja Δa_0 nalazimo: $A=0$, $B= \Delta a_0$. Rješenje vibracija je

$$\Delta a = \Delta a_0 \cos \omega_{dm} t \quad (44)$$

Uključujući jednačinu (41) dobijamo da se rastojanje između centara masa atoma mijenja u toku vremena po zakonu

$$a = a_E + \Delta a_0 \cos \omega_{dm} t \quad (45)$$

Diferenciranjem po vremenu dobijamo brzinu vibracija

$$\dot{a} = -\Delta a_0 \omega_{dm} \sin \omega_{dm} t$$

kao i ubrzanje

$$\ddot{a} = -\Delta a_0 \omega_{dm}^2 \cos \omega_{dm} t$$

Korištenjem jednačina (44) i (41) konačno dobijamo da se ubrzanje i brzina dvoatomne molekule mijenjaju u toku vremena po zakonima

$$\ddot{a} = -(a - a_E) \omega_{dm}^2 \quad (46)$$

$$\dot{a} = -(a - a_E) \omega_{dm} \tan \omega_{dm} t \quad (47)$$

Aksijalna deformacija u okviru teorije elastičnosti je

$$\varepsilon_E = \frac{\Delta a}{a_E} \quad (48)$$

tako da je početna deformacija

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta a_0}{a_E} = \frac{\Delta a_E}{a_E} \quad (49)$$

Primjer 11. Sračunati elastičnu silu uzajamnog dejstva dva atoma gvožđa duž pravca njihovog djelovanja na nultom energetsom nivou.

Granično međuatomsko rastojanje $a_E = \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Krutost (koeficijent restitucije) dvoatomne molekule gvožđa $k_{dm} = 7.7686 \text{ N/m}$

$$\Delta a_E = \varepsilon_E a_E = \varepsilon_E \pi r_1 = 0.0228 \cdot \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9} = 8.8891 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$P_E = k_{dm} \Delta a_E = 7.7686 \cdot 8.8891 \cdot 10^{-12} = 6.91 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

Primjer 12. Sračunati promjenu u toku vremena: graničnog međuatomskog rastojanja, brzine i ubrzanja dvoatomne molekule gvožđa duž pravca njihovog djelovanja na vremenskoj skali $0 \leq t \leq 10 \cdot T_K^D$, gdje je T_K^D vrijeme za koje talas brzine $c = \sqrt{E_H/\rho}$ propagira rastojanje $a_E = \pi r_1 = \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9} = 3.8987 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Kružna frekvencija oscilovanja dvoatomne molekule gvožđa $\omega_{dm} = 1.295 \cdot 10^{13} \text{ rad/s}$

Vrijeme propagacije graničnog međuatomskog rastojanja $T_K^D = 1/\omega_{dm} = 7.725 \cdot 10^{-14} \text{ s}$

Početni uslov ($t=0$) ili početna promjena međuatomskog rastojanja $\Delta a_0 =$

$$\Delta a_E = 8.8891 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$0 \leq t \leq p \cdot 7.725 \cdot 10^{-14} \text{ s}, p = 1, \dots, 10$$

$$\omega_{dm} \cdot t = 1.295 \cdot 10^{13} \cdot p \cdot 7.725 \cdot 10^{-14} = p$$

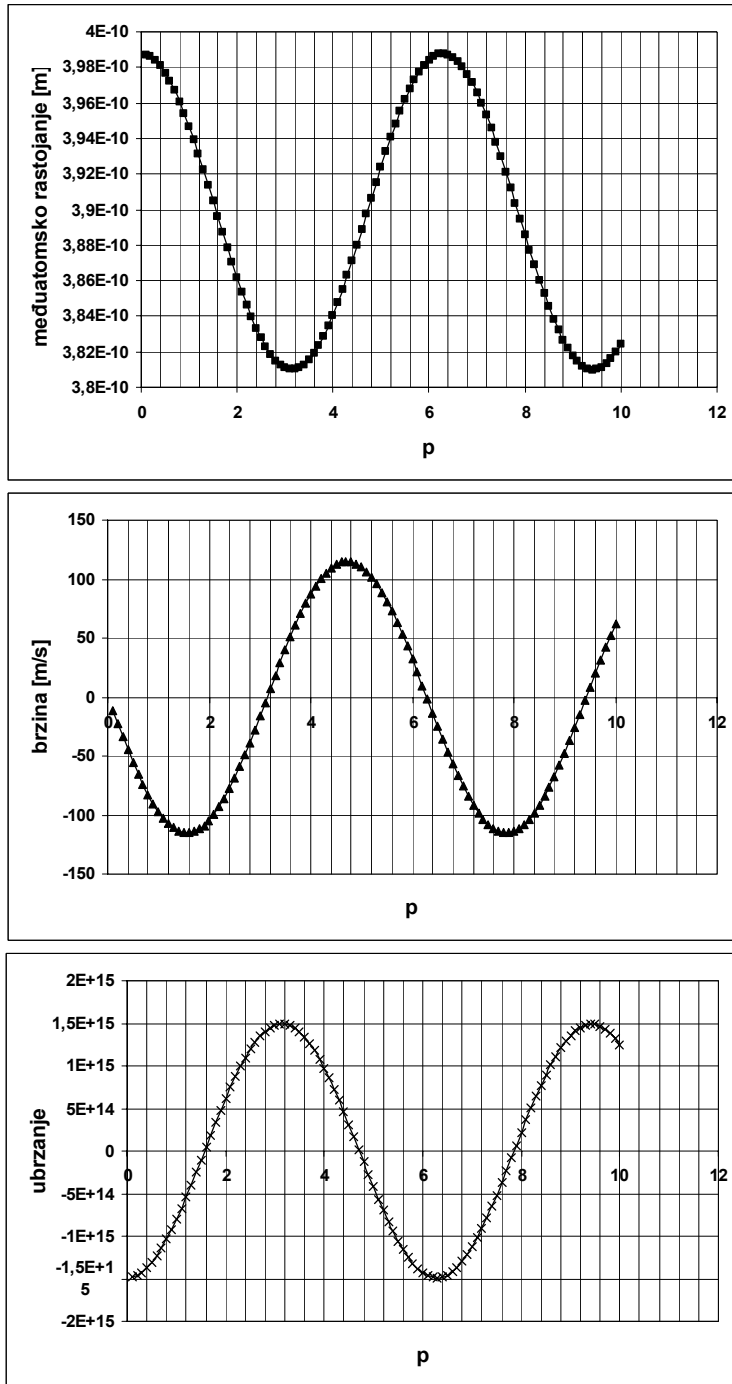
$$a = a_E + \Delta a_0 \cos \omega_{dm} t = \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9} + 8.8891 \cdot 10^{-12} \cos p$$

$$\dot{a} = -(a - a_E) \omega_{dm} \tan \omega_{dm} t = -(a - \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9}) \cdot 1.295 \cdot 10^{13} \tan p$$

$$\ddot{a} = -(a - a_E) \omega_{dm}^2 = -(a - \pi \cdot 0.1241 \cdot 10^{-9}) \cdot (1.295 \cdot 10^{13})^2$$

Na sl. 17 su prikazane promjene rastojanja a_E , brzine i ubrzanja dvoatomne molekule gvožđa. Pri početnoj promjeni rastojanja ($3.8987 \cdot 10^{-10} \text{ m} - 8.8891 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 3.81 \cdot 10^{-10} \text{ m}$) se pokazuje da se atomi u toku vibracija na nultom energetsom nivou ne sudaraju orbitama jer minimalni razmak ne dostiže veličinu $2 \cdot 1.241 \cdot 10^{-9} = 2.482 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Do sudara atoma ne dolazi ni pri kritičnoj promjeni rastojanja ($3.8987 \cdot 10^{-10} \text{ m} - 5.8869 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 3.31 \cdot 10^{-10} \text{ m}$). Kada bi do sudara došlo u tački dodira bi počela da djeluje sila pritiska koja bi mjenjala brzine atoma.

Dakle kod gvožđa se može zaključiti da do propagacije prsline sigurno ne dolazi usljed sudara atoma njihovim orbitama. Razlog propagacije je prekoračenje kritičnog napona kristalne laticе kako je u radu pretpostavljeno i dokazano.



Slika 17. Promjene međuatomskog rastojanja, brzine i ubrzanja u toku vremena

Maksimalne i minimalne amplitude se javljaju kada je brzina vibracija nula. Kada je brzina vibracija jednaka nuli preko parametra p je određeno vrijeme kada je kinetička energija jednaka nuli $E_k=0$, što znači da je potencijalna energija ekstremna i moguće je da atom napusti laticu. Maksimalne i minimalne brzine se javljaju kada su ubrzanja jednaka nuli.

Dok su maksimalne amplitude vibracija dvoatomne molekule gvožđa na nultom energetskom nivou svega oko 4 angstroma (1 angstrom= 10^{-10} m), brzina vibracija je velika, oko ± 115 m/s, dok su ubrzanja čak oko $\pm 1.5 \times 10^{15}$ m/s².

4.2. Brzina vibracija dvoatomne molekule na višim energetskim nivoima

U cilju pronalazjenja maksimalne brzine vibracija dvoatomne molekule koja izaziva nestabilnost mikroprslina, polazimo od osnovnih izraza reološko-dinamičke analogije za masu i prigušenje:

$$m_{dm} = k_{dm} T_K^{D^2}, \quad c_{dm} = 2k_{dm} T_K^D \quad (50)$$

Formule za redukovanu masu m_{dm} (17) i vrijeme T_K^D (20), za koje talas brzine c propagira granično međuatomske rastojanje a_E , su već korištene za sračunavanje krutosti (koeficijenta restitucije) k_{dm} . Ovdje koristimo formulu za prigušenje c_{dm} polazeći od poznatog izraza za brzinu čestice (dvoatomne molekule) pri rasprostiranju talasa u elastičnoj čvrstoj sredini

$$v = \frac{\sigma}{\sqrt{E_H \rho}} \quad (51)$$

Na osnovu formula (50) i (51) se lako sračunava brzina dvoatomne molekule koja je proporcionalna naponu (međuatomskoj sili).

$$v = \frac{P}{\sqrt{k_{dm} m_{dm}}} \quad (52)$$

Primjer 13. Sračunati brzinu dvoatomne molekule gvožđa na nultom energetskom nivou.

Međuatomska sila na granici elastičnosti $P_E = 6.912 \times 10^{-11}$ N

Krutost (koeficijent restitucije) dvoatomne molekule gvožđa $k_{dm} = 7.7686$ N/m

Redukovana masa $m_{dm} = m/2 = 46.355 \times 10^{-27}$ kg

$$v_E = \frac{P_E}{\sqrt{k_{dm} m_{dm}}} = \frac{6.912 \cdot 10^{-11}}{\sqrt{7.7686 \cdot 46.355 \cdot 10^{-27}}} = 115.18 \text{ m/s}$$

Sračunata brzina je očigledno maksimalna brzina vibracija dvoatomne molekule gvožđa koja je sračunata i u primjeru 12 pri analizi „semi-definite“ sistema.

Brzinu dvoatomne molekule na višim energetskim nivoima možemo sračunati koristeći izraz za visko-elasto-plastični napon (32) odnosno odnos ovog napona prema naponu na granici elastičnosti.

$$\frac{Y_p^{(i)}}{\sigma_E} = \frac{1 + \varphi^*}{\varphi^*} + \frac{i-1}{i(1+i\varphi^*)} \quad (53)$$

Naime, bezdimenzionalna veličina data formulom (53) vrijedi i za međuatomsku silu. Na ordinati slike 18 je prikazana relativna brzina (odnos brzine dvoatomne molekule gvožđa na višim energetske nivoima prema brzini zvuka u vazduhu, $c_v=342\text{m/s}$). Na abscisi slike 18 je prikazana bezdimenzionalna veličina poznata kao „driving strain“

$$\Delta = \sqrt{\frac{\gamma^{(i)}}{\gamma}}, \quad (54)$$

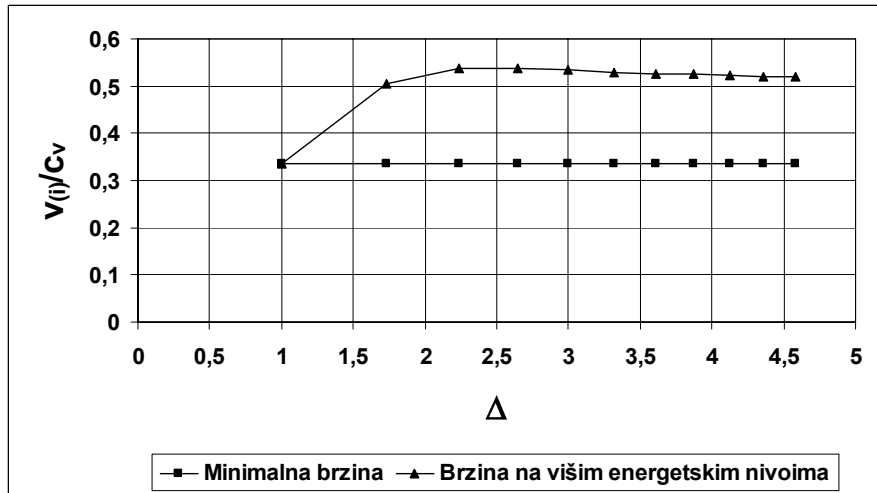
gdje je γ žilavost kristalne laticе gvožđa na nultom energetske nivou, sračunata u primjeru 5, dok je $\gamma^{(i)}$ žilavost na višim energetske nivoima dobivena pomoću izraza (23) za totalnu energiju kvantnog harmonijskog oscilatora, kako slijedi:

$$\sigma_{cr}^{(n)} = \sqrt{\frac{2\gamma E_H}{n\pi r_1}}, w_{cr}^{(n)} = \frac{\sigma_{cr}^{(n)2}}{2E_H},$$

$$2\gamma^{(n)} = \left(\frac{\phi}{\phi_{red}} + 1\right) \frac{\sigma_{cr}^{(n)2} n a_E}{2E_H} = 2w_{cr}^{(n)} n a_E \Rightarrow \gamma^{(n)} = w_{cr}^{(n)} n a_E,$$

$$\frac{E_n}{A_{dm} n a_E} = w_{cr}^{(n)} = \frac{\gamma^{(n)}}{n a_E} \Rightarrow \gamma^{(n)} = \frac{E_n}{A_{dm}}$$

$$\frac{\gamma^{(i)}}{\gamma} = \frac{E_n}{E_0} = 2n + 1, i = n = 1, 2, \dots \quad (55)$$



Slika 18. Funkcionalna zavisnost relativne brzine od „driving strain“

Jasno je da funkcionalna zavisnost na sl. 18 predstavlja u izvjesnom smislu zakon „size effect“ za relativnu brzinu jer je preko kritičnog napona na višim energetske nivoima uključena promjena graničnog međuatomskog rastojanja koje se povećava po formuli $n x a_E$.

Maksimalna relativna brzina dvoatomne molekule od 0.539 brzine zvuka ($342 \times 0.539 = 184.34 \text{ m/s}$), javlja se već na drugom energetskom nivou, tako da je ona uzrok nestabilnosti odnosno propagaciji prsline. Minimalna relativna brzina od 0.337 brzine zvuka (115.18 m/s) odgovara brzini „steady state“ na nultom energetskom nivou koja bi bila konstantna u sredini koja ne pruža otpore kretanju, odnosno rezultat je kretanja opisanog klasičnim Schrödingerovim kvantnim harmonijskim oscilatorom.

Zahvalnost: Rad je rezultat rada na projektu 144037 koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije. Autor se srdačno zahvaljuje na podršci.

LITERATURA

- [1] Bažant, P.Z.: Scaling of dislocation-based strain-gradient plasticity, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 50 pp. 435-448(14), 2002.
- [2] Griffith, A.A.: The phenomena of rupture and flow in solids, Philos. Trans. Roy. Soc., London, Ser. A., Vol.221: pp. 163-198(36), 1921.
- [3] Griffith, A.A.: Proc. 1st Int. Conf. Appl. Mech. (eds. C.B. Biezeno and J.M.Burgers) Delft, Technische Boekhandel en Drukkerij, 55, 1925.
- [4] Ivanović, M. D., Vučić, M.V.: Atomska i nuklearna fizika, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [5] Lawrence H. Van V.: Elements of Materials Science and Engineering, Addison-Wealey Pub. Comp., Inc, 1985.
- [6] Milašinović, D.D.: Rheological-dynamical analogy: prediction of buckling curves of columns, International Journal of Solids and Structures, 37(29), pp. 3965-4004(40), 2000.
- [7] Milašinović, D.D.: Rheological-dynamical analogy: modeling of fatigue behavior, International Journal of Solids and Structures, 40(1), pp. 181-217(37), 2003.
- [8] Milašinović, D.D.: Rheological-dynamical analogy: visco-elasto-plastic behavior of metallic bars, International Journal of Solids and Structures, 41(16-17), pp. 4599-4634(36), 2004.
- [9] Milašinović, D.D.: Rheological-dynamical analogy: frequency dependence of the system parameters of internally damped bars, Multidiscipline modeling in materials and structures, 1(2), pp. 143-170(28), 2005.
- [10] Milašinović, D.D.: Rheological-dynamical theory of visco-elasto-plasticity and fatigue: part I, Multidiscipline modeling in materials and structures, 2(1), pp. 1-29(29), 2006.
- [11] Ristić, M. M.: Principi nauke o materijalima, Srpska akademija nauka i umetnosti, odeljenje tehničkih nauka, Beograd, 1993.
- [12] Vujičić, V.: Neka pitanja racionalne mehanike, Zbornik radova 13, str. 214-220(7), Subotica, 2004.

ELEMENTS OF MOLECULAR RHEOLOGICAL-DYNAMICAL ANALOGY

Summary: This paper presents an application of the rheological-dynamical analogy for describing the various aspects of dynamical behaviour of Schrodinger quantum harmonic oscillators.

Key words: Bond interatomic distance, frequency of vibration, critical fracture stress, stress concentration, cyclic toughness.

TURBULENCIJA I TEORIJA HAOSA

Z. D. Milašinović¹

UDK:523.517.3

Rezime: U ovom radu, primjenom teorije haosa se objašnjavaju različiti aspekti turbulentnog strujanja.

Ključne reči: Turbulencija, haos

1. Navier-Stokes-ove jednačine

Navier-Stokesove jednačine važe bez obzira da li je tok laminaran ili turbulentan, jer su dobivene postavljanjem trenutne ravnoteže sila na diferencijalni fluidni element.

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)\end{aligned}$$

Međutim dok su za laminarna strujanja često moguća značajna pojednostavljenja, turbulentna strujanja su uvijek trodimenzionalna i nestacionarna, što prethodno dati matematski model čini praktično neprimjenjivim, čak i u slučaju turbulentnog toka u geometrijski veoma prostim granicama, kao što je strujanje između paralelnih ploča, ili strujanje u pravoj kružnoj cijevi. Zato se, s ciljem pojednostavljenja matematskog opisivanja i analize turbulentnog strujanja, osobine fluida i karakteristike toka razlažu na zbir srednje i fluktuirajuće vrijednosti. Te fluktuacije imaju frekvenciju reda 1 do 10000 s⁻¹, pa se gotovo isključivo promatraju kao slučajne veličine, koje se analiziraju statistički. Statistička analiza turbulentnog toka provodi se iz oscilograma vektora brzina. Da bi se došlo do zakonitosti turbulentnog toka u nekom proizvoljnom trenutku t, potrebno je izvjesno trajanje promatranja T, to jest dovoljno reprezentativan uzorak, kako bi vjerovatnoća pojave bila dovoljno velika.

¹ Prof. dr Zoran Milašinović, dipl inž građ., Građevinski fakultet Sarajevo, Patriotske lige 15, tel: 278-406, e-mail: zoran_milasainovic@gf.unsa.ba

2. Reynolds-ove jednačine

Uvođenjem statističkog pristupa problemima turbulencije strujanja, ravnoteža sila na fluidni element posmatra se također u vremenskom intervalu T , preko osrednjenih vrijednosti sila. Sada se analogno jednačini za stvarne trenutne vrijednosti, jednačina za osrednjene vrijednosti zavisnih promjenjivih za pravac x može napisati.

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \Delta \bar{u} - \left[\frac{\partial (\overline{u'u'})}{\partial x} + \frac{\partial (\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial (\overline{u'w'})}{\partial z} \right]$$

Ovo je Reynoldsova jednačina turbulentnog toka za pravac x . Primjećuje se da je formalno ista kao Navier-Stokesova jednačina napisana za x pravac i srednju vrijednost komponente brzine u , međutim, na desnoj strani razlikuje se za dodatne članove nastale pojavom fluktuacionih komponenti. Pojavile su se dakle nove nepoznate funkcije. U cilju zatvaranja sistema jednačina potrebno je definisati odgovarajuće relacije za turbulentni fluks količine kretanja i energije te za turbulentnu disipaciju, to jest **model turbulencije**.

3. Kolmogotov-ove energije vrtloga

O turbulenciji su formalno ili neformalno razmišljali svi veliki fizičari. Laminarni tok razbija se u vrtloge. Pojavljuje se turbulencija kao zbrka nereda u svim mjerilima. Energija brzo prelazi iz kretanja velikih razmjera u male. Turbulentni tok je nestabilan, jako je rasipan, što znači da troši energiju stvarajući otpor. Kretanje je pretvoreno u kaotično. Ali kako se tok mijenja od laminarnog do turbulentnog? Kako tok u kome se fluidi ponašaju na pravilan način može stvoriti nešto kaotično? Postoji priča o kvantnom teoretičaru Werneru Heisenbergu koji na samrtnoj postelji kaže da ima dva pitanja za Boga: zašto relativnost i zašto turbulencija. Heisenberg je rekao: «Zapravo mislim da bi On na prvo pitanje mogao odgovoriti».

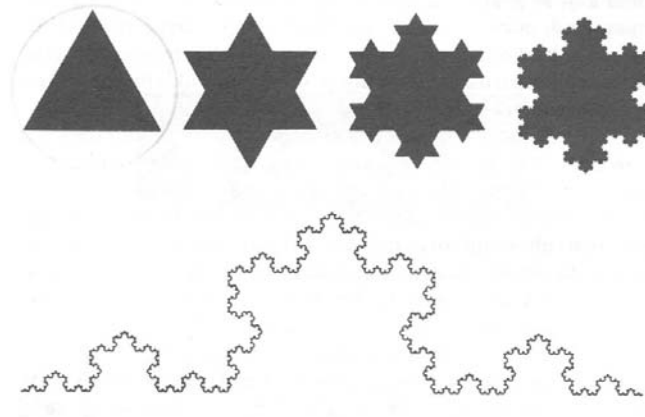
Teorijska fizika se na neki način ohladila od proučavanja pojave turbulencije. Za prave teoretičare, činilo se, dinamika fluida nije sadržavala drugu zagonetku osim one koja ostaje nedokučiva čak i na nebu. Praktična strana je bila toliko dobro shvaćena da su je mogli prepustiti tehničarima. Praktično zanimanje je obično jednostrano, a u slučaju turbulencije ono se uglavnom svodilo na zadatak: kako ukloniti turbulenciju?. Razlog za ovakav pristup leži u tome da, u većini slučajeva, turbulentni tok znači propast zbor toga što je rasipan, to jest troši energiju.

Ako fluid u stanju mirovanja potresemo fluidni djelići će se uznemiriti odnosno pokrenuti. Kako je fluid viskozni, «ljepljiv», pokrenuti djelići će trošiti energiju. Ako prestanemo tresti, fluid će se sam od sebe umiriti. Potresanjem dodajemo energiju na niskim frekvencijama ili dugim valnim duljinama. Primjećujemo formiranje vrtloga ali i manjih vrtloga unutar njih, što znači pretvaranje dugih valnih duljina u male. Svaki vrtlog rasipa energiju fluida i stvara svojstveni ritam. Tridesetih godina prošlog vijeka A.N. Kolmogotov je dao matematički opis koji do neke mjere predočava kako djeluju vrtlozi. On je zamislio čitavu kaskadu energije na sve manjim i manjim mjerilima, dok se napokon ne dostigne granična tačka na kojoj vrtlozi postaju tako sitni da ih nadvlada relativno jače djelovanje viskoznosti. Za potrebe jasnog opisa Kolmogotov je zamislio

da vrtlozi ispunjavaju čitav fluidni tok. Ova pretpostavka homogenosti, pokazala se ne tačnom, a to je znao i J.H.Poincare francuski filozof i matematičar, četrdeset godina ranije, jer je na namreškanoj površini rijeke vidio kako se vrtlozi uvijek miješaju s područjima ne vrtložnog toka. Vrtložnost je lokalizirana. Energija se zapravo rasipa samo na dijelu vrtložnog fluidnog toka. Na svakom nivou turbulentnog vrtloga, kad se bolje pogleda, uočavaju se nova smirena područja. Tako pretpostavka homogenosti uzmiče pred pretpostavkom isprekidanosti. Isprekidanost, ponešto idealizirana, djeluje vrlo fraktalno, s izmješanim uskovitlanim i glatkim područjima u svim razmjerama, od velikih do malih.

4. Mandelbrot-ove fraktalne dimenzije

Misaono fraktal je način posmatranja beskraja. B.Mandelbrot matematičar, naučnik u teoriji kaosa, je prelistavajući rječnik latinskog naišao na pridjev *fractus* od glagola *frangere*, slomiti razlomiti. Mandelbrot je od toga stvorio riječ *fraktal*, odnosno pridjev *fraktalni*. Mandelbrot se, naime, kad je shvatio da Euklidske mjere (duljina, dubina, debljina) nisu uspjele obuhvatiti biti nepravilnih oblika okrenuo drugačijoj zamisli dimenzija. Mandelbrot se odmakao dalje od dimenzija 0,1,2,3..., do prividne nemogućnosti: **razlomačkih dimenzija**. Razlomačke dimenzije postaju način mjerenja svojstava koja inače nemaju određenje: stepen hrapavosti ili izlomljenosti ili nepravilnosti nekog predmeta. Vijugava obala, na primjer, usprkos svoje nemjerljivosti u pojmovima duljine, posjeduje međutim određeni svojstveni stupanj izlomljenosti. Zamislimo trokut sa svakom stranicom dugom trideset centimetara. Zatim zamislimo određenu transformaciju-dobro određen, lako ponovljivi skup pravila. Uzmimo srednju trećinu svake stranice i dodajmo na nju novi trokut, jednak oblikom ali s trećinom veličine. Rezultat je Davidova zvijezda. Umjesto tri stranice sa trideset centimetara, ovaj lik sada ima dvanaest stranica od po deset centimetara. Umjesto tri vrha sada ima šest. Zatim uzmimo svaku od dvanaest stranica i ponovimo transformaciju, pridružujući manji trokut središnjoj trećini. To ponavljamo do beskraja. Obrisi postaju sve razlomljeniji. Podsjeća na neku vrstu idealne snježne pahuljice. Poznat je pod imenom Kochine krivulje-gdje je krivulja svaka povezana ravna ili zaobljena linija-po Helgi von Koch, švedskoj matematičarki koja ju je po prvi put opisala 1904. Kochina krivulja ima neka zanimljiva svojstva. Kao prvo to je neprekinuta krivulja koja se nikad ne presijeca jer su novi trokuti na svakoj stranici uvijek dovoljno maleni da izbjegnu međusobne sudare. Svaka transformacija dodaje nešto površine unutrašnjosti krivulje, ali ukupna površina ostaje konačna, ustvari ne mnogo veća od izvornog trokuta. Opišemo li oko izvornog trokuta kružnicu, Kochina krivulja je nikad neće presjeći. Duljina obima stvorenog lika je $3 \times 4/3 \times 4/3 \times 4/3 \dots$ -**beskonačnost**. Tako, beskonačno dugačka krivulja okružuje konačnu površinu. Kao da je euklidska ravna linija produžena do rubova svemira. Ovaj paradoksalni rezultat, beskonačna duljina u konačnom svemiru, uznemiravala je mnoge matematičare na počecima prošlog stoljeća koji su razmišljali o tom problemu. Prema Mandelbrotovim riječima Kochina krivulja je «Grub ali djelotvoran model obalne linije».



KOCHINA PAHULJICA. Prema Mandelbrotovim riječima: «Grub ali djelotvoran model obalne linije». Da konstruiramo Kochinu krivulju, započinjemo sa stranicama duljine 1. Na sredini svake stranice dodajemo novi trokut sa stranicom trećine duljine prethodne, i tako dalje. Duljina obima stvorenog lika je $3 \times 4/3 \times 4/3 \times 4/3 \dots$ -*beskonačnost*. Ipak, površina ostaje manja od površine kruga opisanog oko prvobitnog trokuta. Tako, *beskonačno dugaka krivulja okružuje konačnu površinu*.

Naime promatrač koji pokušava procijeniti duljinu obale sa satelita, dat će manju procjenu od promatrača koji pokušava hodom premjeriti njene uvale i rtove, ili od onog koji će duljinu mjeriti laserom sa tačnošću od 100-tinama dijelova milimetra. Iako se duljina obale i dalje povećava, zdrav razum govori da će se približiti nekoj određenoj konačnoj vrijednosti, pravoj duljini. Drugim riječima, mjerenja bi trebala konvergirati. I zaista, kad bi obala bila neki euklidski oblik poput kruga, ovaj način zbrajanja sve sitnijih pravolinijskih udaljenosti bi, dakako konvergirao. Ali, što je mjerilo manje, ustanovio je Mandelbrot, izmjerena duljina obalne linije raste bez ograničenja, zaljevi i poluotoci otkrivaju sve manje i manje zaljeve i poluotoke-i sve tako do nivoa atoma, gdje postupak napokon završava. Možda! Mandelbrot je razradio načine izračunavanja razlomačkih dimenzija stvarnih objekata putem tehnike stvaranja lika. Stupanj nepravilnosti ostaje postojan bez obzira na mjerilo. Začudujuće često ova tvrdnja se pokazuje tačnom. Ponovno priroda pokazuje pravilnu nepravilnost. Fraktalne dimenzije pokazale su se kao pravo mjerilo. U nekom smislu stupanj nepravilnosti odgovarao je uspješnosti objekta u zauzimanju prostora. Jednostavna euklidska jednodimenzionalna linija uopšte ne zauzima prostor. Ali obris Kochine krivulje, s beskonačnom duljinom koja okružuje konačnu površinu, ispunjava prostor. To je više od linije, a manje od ravnine. Veće je od jednodimenzionalnog a manje od dvodimenzionalnog oblika. Koristeći tehnike potekle od matematičara s početke prošlog stoljeća, a potom zaboravljene, Mandelbrot je tačno odredio razlomačku dimenziju. Za Kochinu krivulju, beskonačno množenje sa četiri trećine daje dimenziju od 1,2618.

5. Primjeri fraktalne ustrojenosti

Mandelbrotova proučavanja nepravilnih uzoraka u prirodnim procesima i istraživanje beskonačno složenih likova imali su intelektualno odredište: *kvalitetu sličnosti sebi*. Iznad svega, fraktalno je značilo i sebi slično. Sličnost sebi je simetrija u svim mjerilima. Ukazuje na rekurzivnost, na uzorak unutar uzorka. Čudovišni oblici kao Kochina krivulja pokazuju sličnost sebi, jer izgledaju potpuno isto čak i pod velikim povećanjem. Sličnost sebi je ugrađena u tehniku stvaranja krivulja-ista transformacija se ponavlja na sve manjim razmjerama. Sličnost sebi je lako prepoznatljiva osobina. Mandelbrot je rado citirao Jonathana Swifta: »Dakle, kažu prirodnjaci, buha ima manje buhe, što vrebaju na nju, a ove imaju manje buhe da njih grizu, i tako dalje, *ad infinitum*».

Jednačine kretanja fluida primjenjuju se bez obzira na mjerilo. Umanjena krila aviona i brodski propeleri ispituju se u zračnim tunelima i hidrauličkim laboratorijima. Slično tome i uz neka ograničenja, male oluje ponašaju se kao i velike oluje.

Krvne žile, od aorte, vena do kapilara, oblikuju sistem dug 100 000 km . Granaju se i dijele i ponovo granaju dok ne postanu toliko uske da krvna zrnca moraju kroz njih klizati pojedinačno. Priroda njihova grananja je fraktalna. Zbog fizioloških razloga, krvne žile moraju izvoditi ponešto dimenzijske magije. Kao što Kochina krivulja, na primjer, ugura liniju beskonačne duljine u malu površinu, krvožilni sustav mora ugurati veliku površinu u ograničenu zapreminu. Fraktalni ustroj prirode je izveo svoja djela tako uspješno da u većini tkiva nijedna stanica nikad nije više od tri četiri stanice udaljena od krvne žile. Ovaj čudesni ustroj-zapravo dva međusobno prepletena stabla vena i arterija-uopće nije izuzetak. Tijelo je ispunjeno takvom složenošću. U probavnom traktu, tkivo otkriva valovitost unutar valovitosti. Pluća, također, moraju sabiti najveću moguću površinu u najmanju zapreminu. Tipična ljudska pluća obuhvaćaju površinu veću od teniskog igrališta. Kao dodatna komplikacija, labirint bronhija mora se uspješno stopiti s arterijama i venama.

Kako je priroda uspjela razviti tako složeni sistem? Po Mandelbrotu, komplikacije postoje samo u pojmovima tradicionalne euklidske geometrije. Kao fraktali, razgranati ustroji opisuju se jasnom jednostavnošću, s vrlo malo informacija. Možda jednostavne transformacije, iz kojih je na primjer nastala Kochina krivulja, imaju svoje analogije u kodiranim uputama gena nekog organizma. DNK sigurno ne može odrediti veliki broj bronhija, bronhiola i alveola ili odrediti prostorni sistem od njih nastalog stabla, *ali može odrediti ponovljeni postupak bifurkacije i razvoja*. Takvi postupci odgovaraju biti prirode. Kao primjer se može navesti da je sintetička proizvodnja gušćeg perja počela nakon otkrića da nevjerojatna sposobnost čuvanja zraka prirodnog perja potječe od fraktalnih čvorova i grana glavne bjelančevine perja, keratina.

6. Landau-ovo nakupljanje različitih frekvencija

Vrlo srodno pitanje pitanju djelovanja vrtloga koje je opisao Kolmogorov, bilo je pitanje što se događa kad turbulencija počne. Kako tok prelazi granicu od laminarnog ka turbulentnom? Kakva prijelazna stanja postoje prije nego što se turbulencija potpuno razvije? Lev D. Landau, veliki ruski naučnik čiji tekst o dinamici fluida ostaje nezaobilazan je pretpostavio da se radi o sakupljanju ne usklađenih ritmova. Kad energija dođe u sistem nove frekvencije započinju jedna po jedna, a svaka je nova ne usklađena sa prethodnom, kao da violinska žica na snažniji potez gudalom odgovara

vibracijom drugog disonantnog tona i tako redom sve dok zvuk ne postane neuhvatljiva kakofonija. Svaka tekućina ili plin je kontinuum pojedinačnih dijelova, toliko brojnih da bi ih moglo biti i beskonačno mnogo. Kad bi se svaki dio kretao samostalno, fluid bi imao beskonačno mnogo mogućnosti, beskonačno mnogo «stupnjeva slobode» i jednačbe koje opisuju kretanje morale bi imati beskonačno mnogo varijabli. Ali svaki djelić se ne kreće neovisno-pojedinačno kretanje vrlo mnogo ovisi o kretanju susjeda- a u laminarnom toku stupnjevi slobode su malobrojni. Bliski djelići ostaju bliski ili se razilaze na laminaran, linearan način koji na primjer na slikama iz zračnog tunela stvara uredne crte. Kad turbulencija počne, javlja se zbrka čudnih nepredvidivih kretanja. Nekad su ova kretanja dobivala imena: oscilatorno, nepravilni otoci, poprečno kotrljanje, čvor, cik-cak. Kako to vidi Landau, ova nastala nova kretanja su se jednostavno nakupila, jedno preko drugog, stvarajući ritmove čije se frekvencije i periode preklapaju. Pojmovno ovo ortodoksno viđenje turbulencije kao da odgovara činjenicama, a ako je teorija matematički neupotrebljiva-što i jeste-pa neka i bude. Landauov obrazac je bio način očuvanja digniteta dok se od problema dižu ruke. Možda je ovo turbulencija! Fizičari su prihvatili ovu sliku, ali nitko nije znao kako predvidjeti koje će povećanje energije stvoriti novu frekvenciju ili kakva će biti nova frekvencija. Nitko nije vidio te misteriozno nadolazeće frekvencije u pokusu jer, u stvari, nitko nije nikad ni iskusio Landauovu teoriju o nastanku turbulencije.

Teoretičari izvode pokuse u svojim umovima. Eksperimentatori moraju upotrijebiti ruke. Potrebni su jedni drugima, ali teoretičari i eksperimentatori su, od davnih dana kad je svaki naučnik bio oboje istovremeno, u međusobni odnos propustili određeni nesklad. Iako u najboljim eksperimentatorima još uvijek ima ponešto od teoretičara, ne vrijedi i obrnuto. Napokon prestiž se sakuplja na teoretičarevoj strani stola.

7. Swinney-ev i Gollub-ov eksperiment

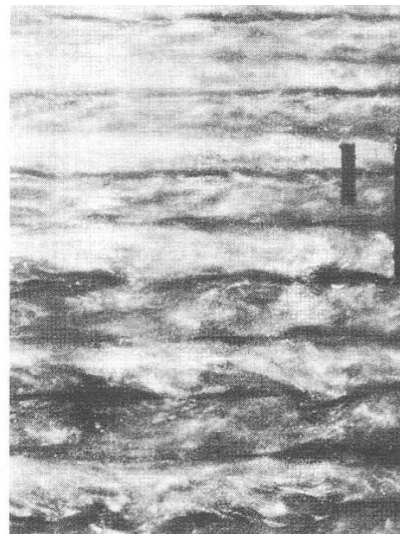
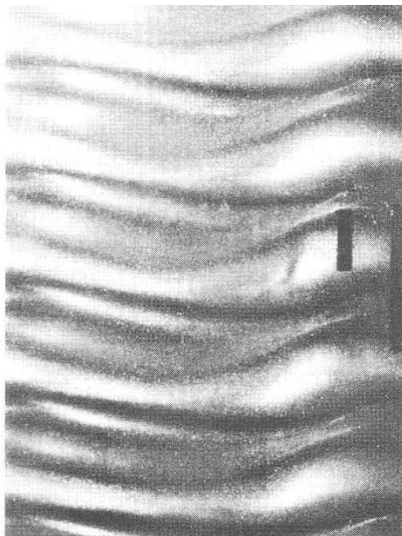
Harry Swinney je eksperimentirao sa materijama i to na problemima prijelaza faza-promjenama iz čvrstog u tekuće, ne magneta u magnet. Sastavio je aparat za mjerenje vodljivosti topline ugljičnog dioksida oko kritične tačke na kojoj se pretvara iz pare u tekućinu. Većina je mislila da će se toplinska vodljivost neznatno promijeniti. Swinney je ustanovio da se promijenila hiljadu puta. Kao i veliki dio samog kaosa, prelasci između faza uključuju neku vrstu makroskopskog ponašanja koje, gledano kroz mikroskopske pojedinosti, izgleda teško prihvatljivo. Kad zagrijavamo čvrstu materiju njene molekule jače vibriraju. Guraju prema van suprotno vezama koje ih sputavaju i prisiljavaju materiju na širenje. Što je toplina veća, veće je širenje. Ipak, kod određene temperature i pritiska promjena postaje iznenadna i diskontinuirana. Konopac se rastezao, a sad puca. Kristalni oblik se rastapa i molekule se razilaze. Pokoravaju se zakonima fluida koji ne bi mogli biti izvedeni ni iz kakvog oblika čvrstog stanja. Prosječna energija atoma se tek neznatno promijenila, ali je čvrsta materija sad tekućina ili ne magnet je magnet-materija je ušla u novi svijet-.

Primjena tehnike prelaska faza na tok u fluidima nije bila ni originalna ali ni najlakše zamisliva ideja. Nije bila originalna, jer su veliki pioniri hidrodinamike, Reynolds i Rayleigh sa svojim sljedbenicima početkom 20 stoljeća, već primijetili da brižljivo nadzirani pokus s fluidom proizvodi promjenu u kakvoći kretanja-u matematičkim pojmovima, bifurkaciju. U posudi sa fluidom, na primjer, tekućina zagrijavana sa dna iznenada iz mirovanja prelazi u kretanje. Fizičari su bili u iskušenju pretpostaviti kako

fizikalni karakter te bifurkacije podsjeća na prijelaz faza kod materija. Međutim to nije bio lako zamisliv opit jer, za razliku od stvarnih prelaska faza, ove bifurkacije nisu uključivale promjenu sama materije.

H.Swinney i J.Gollub su, imajući na umu analogiju između prijelaza faza kod materija i prijelaza iz laminarnog u turbulentno tečenje, izveli dobro poznati opit Couette-Taylorovog toka između dva cilindra od kojih se unutarnji cilindar okreće oko vanjskog koji je u stanju mirovanja. Swinney i Gollub su vladali sa arsenalom eksperimentalnih tehnika izgrađenih tokom godina proučavanja prijelaza faza (za mjerenje je korištena laserska tehnika, a obrada podataka je vršena računarom). Swinney i Gollub su namjeravali potvrditi zamisao Landaua o nastanku turbulencije. Naime oni nisu imali razloga za sumnju jer su znali da dinamičari fluida vjeruju u Landauovu sliku, a kao fizičarima im se sviđela jer je pristajala u opću sliku prijelaza faza. Osim toga sam Landau je dao najupotrebljiviji prvi okvir za proučavanje prijelaza faza, temeljen na njegovom shvaćanju da se takve pojave mogu pokoravati općim zakonima, s pravilnostima koje su nadjačavale različitosti u pojedinim materijama. Opit se provodio 1973 godine, a F.Dyson je, vidjevši ga, rekao da je to početak poštenog kvantitativnog rada na turbulenciji.

Započinjanjem okretanja i povećanjem brzine unutrašnjeg cilindra, javlja se prva nestabilnost: tekućina oblikuje lijep uzorak koji podsjeća na naslagane prstenove. Fluidni djelići se kreću u smjeru vrtnje, ali i gore dole i unutar i van prstena. Zatim se ti prstenovi počinju mreškati. Dvojica fizičara su laserom mjerili promjenu brzine djelića nakon pojavljivanja svake nove nestabilnosti. Landau je tvrdio da će se povećanjem brzine toka pojaviti nove frekvencije, jedna po jedna.



Couette-Taylorov tok. Tok vode između dva valjka poslužio je Harryju Swinneyu i Jerryju Gollubu za proučavanje nastanka turbulencije. S povećanjem brzine okretanja sistem stvorenih uzoraka postaje sve složeniji. Najprije voda oblikuje uzorak toka nalik naslaganim prstenovima. Zatim se ti prstenovi počinju mreškati. Dvojica fizičara su laserom mjerili promjenu brzine vode nakon pojavljivanja svake nove nestabilnosti.

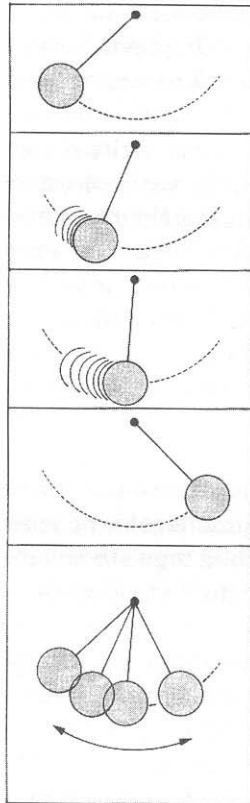
Swinney i Gollub su stvarno potvrdili da se pri pojavi prve nove frekvencije pojavila i prva nestabilnost odnosno prepoznatljiv prelazak (imajući na umu prelazak faza). U nastavku eksperimenta Swinney i Gollub su nastojali pronaći još koji prepoznatljiv prijelaz. Međutim očekivani Landauov niz se prekinuo. Pokus nije potvrdio teoriju. Naime pri slijedećem prelasku, tok je «skočio» u kaotično stanje bez odredivih ciklusa. Nikakvih novih frekvencija, nikakvog postepenog izgrađivanja složenosti. Ustanovili su da je tok postao kaotičan.

8. Ruelle-ov i Takens-ov neobični atraktor

D.Ruelle, fizičar, koji nije imao nikakvog iskustva sa tokovima fluida, rekao je: «Nema izvorne duboke teorije turbulencije. Sva pitanja koja o turbulenciji možemo postaviti opće su prirode i zbog toga pristupačna nestručnjacima». Po njemu bilo je lako shvatiti zašto se turbulencija opire analizi. Naime jednačine fluidnog toka su nelinearne, parcijalne, diferencijalne jednačine, nerješive osim u posebnim slučajevima. Ruelle je izradio apstraktnu alternativu Landauovoj slici, izvedenu jezikom matematičara S.Smalea s predodžbama prostora kao materije pogodne za rastezanje, stezanje i savijanje. Ruell je sa matematičarem F.Takensom 1971 objavio znameniti rad pod naslovom «O prirodi turbulencije», namjerno sličnom Landauovom znamenitom članku «O problemu turbulencije», sa jasnom namjerom da ponude zamjenu tradicionalnog viđenja nastanka turbulencije. Umjesto gomilanja frekvencija, što vodi beskonačnom broju neovisnih preklapanja kretanja, samo tri neovisna kretanja-pretpostavljali stvaraju punu složenost turbulencije. Gledano matematički, njihova logika se ponegdje pokazala mutnom, pogrešnom, posuđenom, ili sve to istovremeno-mišljenja su se razilazila i petnaest godina kasnije. Ali razumijevanje i fizika utkana u rad učinili su ga trajnom vrijednošću. Od svega je najprivlačnija bila predodžba koju su autori nazvali **neobičnim atraktorom**. Neobični atraktor živi u faznom prostoru, jednom od najsilnijih izuma savremene nauke. Fazni prostor dopušta pretvaranje brojeva u slike, izvlačeći svaki djelić bitne informacije iz sistema pokretnih dijelova, mehaničkih ili fluidnih i oblikuje gipku kartu svih njegovih mogućnosti. Klasični fizičari su već radili sa dvije jednostavne vrste atraktora: čvrstim tačkama i ciklusima ograničenja, prikazujući ponašanje dospjelo u stabilno stanje ili stanje koje se beskonačno ponavlja.

U faznom se prostoru cjelokupno znanje o dinamičkom sistemu u nekom trenutku vremena svodi na tačku. Ta tačka jest dinamički sistem-u tom trenutku. U idućem trenutku, međutim, sistem će se promijeniti, barem malo, i tačka se pomiče. Historija sistema kroz vrijeme može se iscrtati pokretnom tačkom, koja prolaskom vremena slijedi putanju u faznom prostoru.

Kako se sva informacija o složenom sistemu može pohraniti u jednoj tački? Ako sistem ima samo dvije promjenjive, odgovor je jednostavan, i može se prikazati kartezijanskom geometrijom-jedna promjenjiva na vodoravnoj osi, druga na vertikalnoj. Uzmimo kao primjer zanjihano klatno bez trenja. Jedna promjenjiva je položaj, a druga brzina i one se stalno mijenjaju, formirajući niz tačaka koje slijede petlju, ponavljajući se stalno u kruženju. Ako uvedemo trenje slika se mijenja. I bez jednačina kretanja znamo da svaka putanja mora nakon izvjesnog vremena završiti na istom mjestu, u središtu: položaj 0, brzina 0. Ova središnja, čvrsta tačka «**privlačni**» putanje. Trenje rasipa energiju iz sistema, a u faznom prostoru rasipanje se pojavljuje kao privlačenje prema središtu, iz vanjskih područja visoke energije prema unutarnjim područjima niske energije.

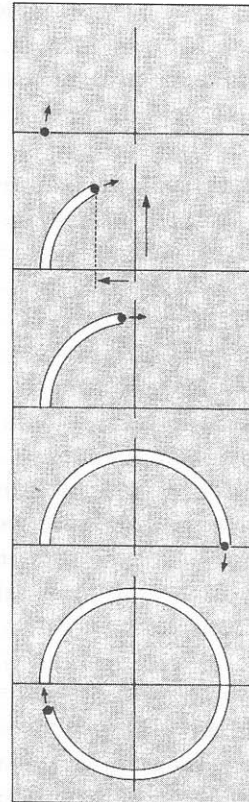


Brzina je jednaka ničtici kad njihalo započinje njihanje. Položaj je negativni broj, udaljenost od središta na lijevu stranu.

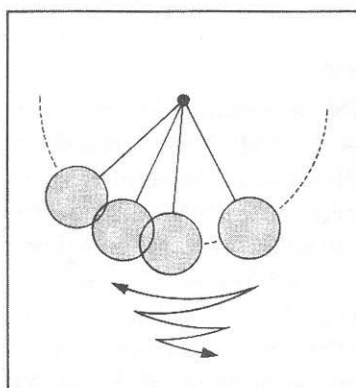
Dva broja određuju jednu točku u dvodimenzijском faznom prostoru.

Brzina je najveća kad njihalo prođe kroz ničticiu.

Brzina ponovno pada na ničticiu, a potom postaje negativna, pokazujući gibanje na lijevu stranu.



DRUGO VIĐENJE NJIHALA. Točka u faznom prostoru (*desno*) sadrži sve informacije o stanju dinamičkog sustava u svakom trenutku (*lijevo*). Za jednostavno njihalo dva su broja – brzina i položaj – sve što moramo znati.



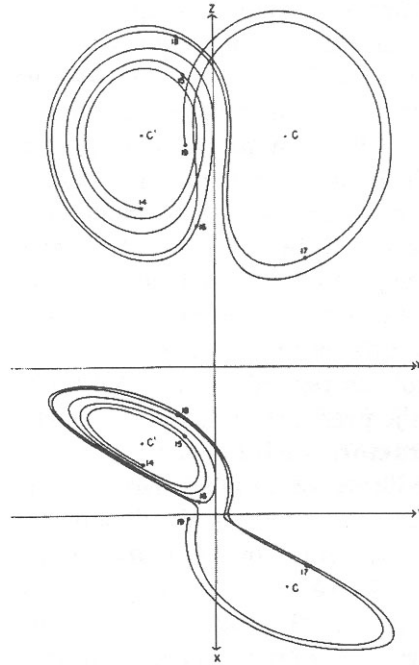
Točke prate stazu koja omogućuje vizualizaciju neprekidnog dugoročnog ponašanja dinamičkog sustava. Ponavljajuća petlja predstavlja sustav koji se vječno ponavlja u pravilnim razmacima.

Ako je ponavljano ponašanje stabilno, kao kod sata s njihovom, tada se sustav nakon manjih perturbacija vraća u svoju stazu. U faznom prostoru, staza privlači druge bliske staze; ona je atraktor.

Kao i mnogi drugi, koji su proučavali kaos, D.Ruelle je pretpostavio da vidljivi uzorci u turbulentnom toku-samo zapletene trajektorije- spiralni vrtlozi, vrtlozi koji se pojavljuju i nestaju, moraju imati objašnjenje pomoću još ne otkrivenih zakona. Pretpostavio je da rasipanje energije u turbulentnom toku mora ipak voditi do neke vrste stezanja faznog prostora, povlačenjem prema **atraktoru**. Svakako atraktor ne može biti čvrsta točka kao kod klatna, jer se tok ne može zaustaviti. Energija dotiče u sistem i iz njega ističe. O kakvoj drugačijoj vrsti atraktora se bi se moglo raditi? U skladu sa dogmom postojala je samo jedna drugačija vrsta, **periodični atraktor** ili ciklus ograničenja-putanja koja privlači sve putanje u blizini. Ako klatno dobiva energiju iz opruge, a gubi je trenjem, stabilna putanja može biti zatvorena petlja u faznom prostoru koja predstavlja pravilno njihajuće kretanje zidnog sata. Ma od kuda krenulo, klatno će stići do te putanje. Ali, hoće li? Za neke početne uslove-one s najnižom energijom-klatno će se ipak zaustaviti, pa sistem ima **dva atraktora**, jedan je zatvorena petlja, a drugi je čvrsta točka. Svaki atraktor ima svoj bazen, baš kao što dvije rijeke u blizini imaju svoje vlastite slivove. Kratkoročno, svaka točka u faznom prostoru, može predstavljati moguće ponašanje dinamičkog sistema. Dugoročno, jedino moguće ponašanje su sami **atraktori**. Po određenju, atraktori imaju značajno svojstvo stabilnosti-u stvarnom svijetu, gdje su pokrenuti dijelovi podložni udarcima, i trzajima, kretanje se vraća prema atraktoru. Udarac će nakratko skrenuti putanju, ali posljedična prijelazna kretanja nestaju. «Ako se u satno klatno zaleti mačka, sat sa klatnom neće preći na minutu dugu šezdeset i dvije sekunde».

Turbulencija u fluidu je ponašanje drugačije vrste, jer nikada ne proizvodi pojedinačan ritam nauštrb svih drugih. Istovremeno prisutnost cijelog širokog spektra mogućih ciklusa je dobro poznato svojstvo turbulencije.

Ruelle i Takens pitali su se može li neka drukčija vrsta atraktora imati odgovarajući skup svojstava kao što su **stabilnost** (predstavlja završno stanje dinamičkog sistema), **niskodimenzionalnost** (putanja u faznom prostoru koja može biti vrlo složena ali sa tek nekoliko stepeni slobode), **neperiodičnost** (nikad se ne ponavlja i nikad ne upada u stalni ritam)? Geometrijski pitanje je bilo zagonetka. Matematičkim razmišljanjem Ruelle i Takens su stigli do toga da takva putanja mora postojati. Nikada je nisu vidjeli, nisu je ni nacrtali. Ali tvrdnja je bila dovoljna. U stvari do 1971. naučna literatura je već sadržavala malu skicu nezamislive putanje koju su Ruelle i Takens pokušavali osmisliti. Naime Edward Lorenz je svom radu o determinističkom kaosu iz 1963., dodao crtež sa svega dvije krivulje na desnoj strani, jedne unutar druge, i pet krivulja na lijevoj strani. Za iscrtavanje tih svega sedam petlji bilo je potrebno 500 uzastopnih proračuna računalom. Tačka koja se kretala tom putanjom u faznom prostoru duž petlji pokazivala je polaganu kaotičnu rotaciju fluida, modeliranu s Lorenzove tri jednačine konvekcije. Kako je sistem imao tri nezavisne promjenjive, ovaj atraktor je ležao u trodimenzijalnom fazno prostoru. Atraktor je bio stabilan, niskodimenzijski i neperiodičan. Te petlje i spirale su bile beskrajno duboke, nikad se nisu potpuno stapale, nikad se nisu ukrštale. Ipak su ostajale unutar konačnog prostora. Kako je beskonačno mnogo putanja moglo postojati u konačnom prostoru?



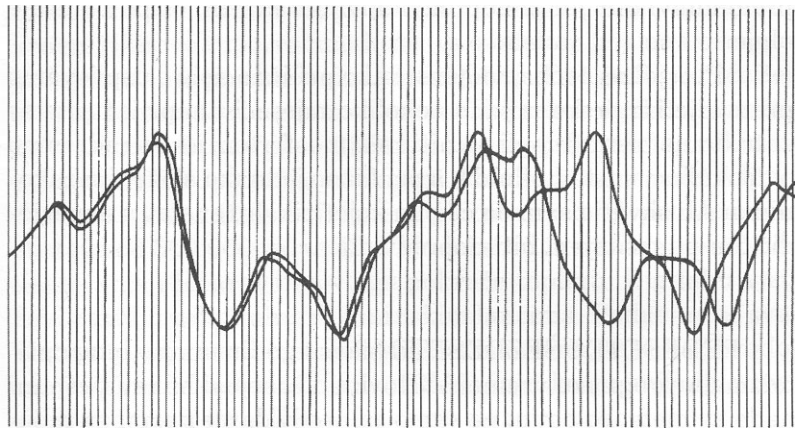
PRVI NEOBIČNI ATRAKTOR. Edward Lorenz je 1963 mogao izračunati samo prvih nekoliko niti atraktora svog jednostavnog sistema jednačina. Ali vidio je da preplitanje dvaju spiralnih krila sigurno ima izuzetno složen ustroj na nevidljivo malim mjerilima.

9. Lorenz-ov atraktor

E.Lorenza je bio matematičar meteorolog, koji je prvi, za potrebe prognoza, ponudio model vremena izabравši dvanaest prirodnih zakona. Radilo se o numeričkim pravilima-jednačinama koje su izražavale odnose između temperature i pritiska, između pritiska i brzine vjetra, i.t.d. Smatralo se tih 60-setih godina prošlog vijeka da je realno očekivati tačne prognoze kretanja vjetrova i oblaka, determinističkim numeričkim modelima kad se sa njima već daju tačne putanje svemirskih letjelica i projektila. Slijedeći Newtonovu filozofiju moglo bi se reći: «uz *približno* poznavanje početnih stanja sistema i razumijevanje prirodnog zakona može se proračunati *približno* ponašanje sistema». Vrlo mali utjecaji se mogu zanemariti, jer proizvoljno mali utjecaji ne narastaju toliko da izazovu proizvoljno velike učinke. Ovo klasično vjerovanje u približnost dobro je potvrđeno. Funkcionira. Naime sitna pogreška u određivanju položaja Halleyevog kometa 1910. uzrokuje sitnu pogrešku u predviđanju njegovog dolaska 1986. godine, s tim da pogreška ostaje mala još milijune idućih godina.

1961. godine Lorenza je želeći detaljnije proučiti jedan niz vremenskih prilika svojim vremenskim modelom krenuo «prečicom». Umjesto ponovnog započinjanje cijelog postupka krenuo je iz sredine. Kako bi računalu dao početne uslove, ukucuo je brojeve iz

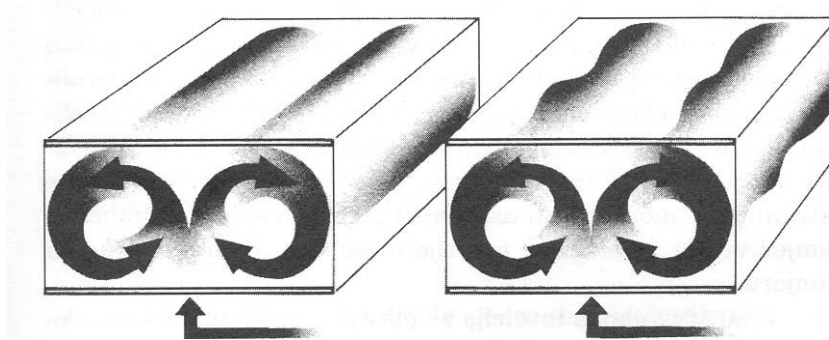
ranijeg ispisa (u memoriji računara je bilo pohranjeno šest decimalnih mjesta 0,506127- Lorenza je unio 0,506, kraće zaokružene brojeve-pretpostavljajući da razlika od -jedna hiljadinka- nema značaja). Lorenza je očekivao da novi niz tačno ponovi stari. Ali pogledavši novi ispis, ustanovio je da se njegovo vrijeme brzo odvaja od obrasca prethodnog niza, kod čega je, kroz jedva nekoliko mjeseci, sva sličnost nestala. Lorenza je zaključio da dugoročna prognoza vremena nema budućnosti, ali je nastavio da istražuje posljedice svog otkrića, utvrđujući što će ono značiti za naučno tumačenje toka u svim vrstama fluida. Svoju pažnju je usmjeravao prema matematici sistema koji nikad ne postižu stabilno stanje, sistema koji su se gotovo ponavljali ali nikad u tome nisu posve uspijevali (neperiodični sistemi). Lorenza je shvatio da postoji veza između **neperiodičnosti i nepredvidljivosti**.



KAKO SE RAZLIKUJU DVA UZORKA VREMENSKIH PRILIKA. Od gotovo iste početne tačke računalo Edwarda Lorenza izračunalo je dva sve različitiija uzorka vremenskih prilika (1961.)

Nelinearni sistemi uglavnom su nerješivi i ne može ih se sabirati. U fluidima i mehaničkim sistemima, nelinearni elementi postaju svojstva koja je poželjno izostaviti želi li ih se jednostavno razumjeti. Uzmimo na primjer trenje. Bez trenja, jednostavna linearna jednačina opisuje količinu energije potrebne za ubrzavanje lopte. S trenjem, odnos postaje složeniji, jer se količina energije mijenja zavisno o brzini kojom se lopta kreće. Nelinearnost znači da sama igra mijenja svoja pravila. Trenju ne možemo uvijek dati jednaku važnost, jer ono ovisi o brzini. S druge strane brzina ovisi o trenju. Takva ovisnost čini nelinearnost teško izračunljivom, ali i stvara bogatstvo različitih vrsta ponašanja kakva se u linearnim sistemima nikad ne susreću. U dinamici fluida, sve se to svodi na jednu kanonsku jednačinu. Navijer-Stokesovu jednačinu. Ona je savršenstvo sažetosti, povezujući brzinu, pritisak, gustoću i viskoznost fluida, ali je nelinearna. Analiza ponašanja nelinearne jednačine poput Navier-Stokesove slično je prolazanju kroz labirint čiji se zidovi pomiču na svakom koraku. Kao što je sam Von Neumann istakao: «Priroda jednačine...mijenja se simultano u svim važnim vidovima: mijenjaju se i red i stepen. Stoga moramo očekivati velike matematičke poteškoće». Svijet bi bio drugačiji-a nauka nebi trebala **kaos** kad Navier-Stokesova jednačina ne bi sadržavala demona nelinearnosti.

Podizanje vrućeg plina ili tekućine, poznato je kao konvekcija. Lorenz je odabrao skup jednačina za konvekciju i pojednostavljujući konturne uslove učinio ga je izuzetno jednostavnim. Od izvornog modela nije ostalo gotovo ništa, ali je ostala **nelinearnost**. Najjednostavnija udžbenička vrsta konvekcije odvija se u kutiji ispunjenoj fluidom sa glatkim zidovima i dnom koje se može zagrijavati i vrhom koji se može hladiti. Razlika u temperaturi između toplog dna i hladnog vrha upravlja tokom. Ako je razlika mala, sistem ostaje miran. Toplina se kreće prema vrhu provođenjem, kao kroz metalnu šipku, ne prevladavajući prirodnu sklonost fluida da ostane miran. Pored toga sistem je stabilan, jer bilo kakvo kretanje izazvano nasumice, prestat će i sistem će se vratiti u stabilno stanje. Međutim pojačamo li zagrijavanje, stvorit će se novi oblik ponašanja. Kako fluid na dnu postaje vruć, počinje se širiti. Širenjem postaje rjeđi. Zbog toga postaje lakši, dovoljno da nadvlada trenje, i počinje se kretati prema površini. U kutiji će se stvoriti valjkasto kotrljanje kod kojeg se vrući fluid uspinje uz jednu stranicu dok se hladni fluid spušta uz drugu. Gledano sa strane, kretanje opisuje krug. Ako još povećamo toplinu i ponašanje postaje još složenije. Kotrljanje počinje lelujsati.

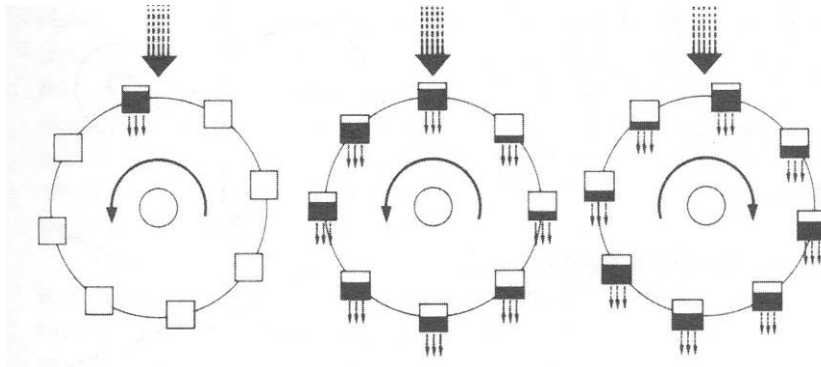


KOTRLJAJUĆI FLUID. Kad se tekućina ili plin zagrijava odozdo, fluid teži oblikovanju valjkastih smotuljka(lijevo). Topal fluid se podiže na jednoj strani, gubi toplinu i spušta se sa druge strane-proces konvekcije. Kad se zagrijavanje poveća(desno), dolazi do nestabilnosti, lelujsanja valjaka fluida. Kod još viših temperatura, tok postaje nepravilan i turbulentan.

Lorenzove jednačine bile su prejednostavne da opišu takvu složenost. Njima je uhvaćen samo jedan oblik konvekcije iz stvarnog svijeta: kružno kretanje toplog fluida koji se podiže i okreće kao vodeničko kolo. Jednačine uzimaju u obzir brzinu tog kretanja i prenošenje topline. Ovi fizikalni procesi su međusobno povezani. Kako se djelić toplog fluida podiže duž kruga, dolazi u dodir s hladnijim fluidom i počinje gubiti toplinu. Ako se krug okreće dovoljno brzo, djelić fluida ne izgubi svu primljenu toplotu kad stigne do vrha, a već se počinje kretati prema dole i pri tome se počinje opirati dolazećem toplijem djeliću koji ide za njim.

Drugi sistem koji tačno opisuju Lorenzove jednačine jest jedna vrsta vodeničnog kola-mehanička analogija kruga konvekcije. Na vrhu, voda stalno i ujednačeno dotiče u čaše obješene na rubu kola. Svaka čaša ima otvor u dnu pa voda iz nje otiče. Ako je dotok vode malen, čaša na vrhu se ne puni dovoljno brzo da nadvlada trenje kola, ali ako je dotok veći, čaša na vrhu će se više napuniti, dobit će na težini i kad se savlada trenje

kolo će se početi okretati. Vrtinja može postati stalna. Ali ako je dotok toliko velik da se čaše napunjene vodom vrte toliko brzo da stignu do dna i popnu se na vrh sa druge strane, a da ne izgube vodu kroz otvor na dnu, kolo može početi usporavati, zaustaviti se i na kraju i promijeniti smjer okretanja, krećući se najprije u jednom, a potom u drugom smjeru.



LORENZOVO VODENIČNO KOLO. Prvi znameniti sistem kaosa koji je otkrio Edward Lorenz odgovara mehaničkom uređaju: *vodeničnom kolu*. Ovaj jednostavni zređaj pokazuje začuđujuće složeno djelovanje.

Vrtinja vodeničnog kola ima ponešto zajedničkog s rotirajućim valjcima fluida u procesu konvekcije. Oba sistema stalno se pokreću -vodom ili toplinom- i oba rasipaju energiju. Fluid gubi toplotu, a čaše gube vodu. U oba sistema dugoročno ponašanje zavisi o veličine energije koja ih pokreće.

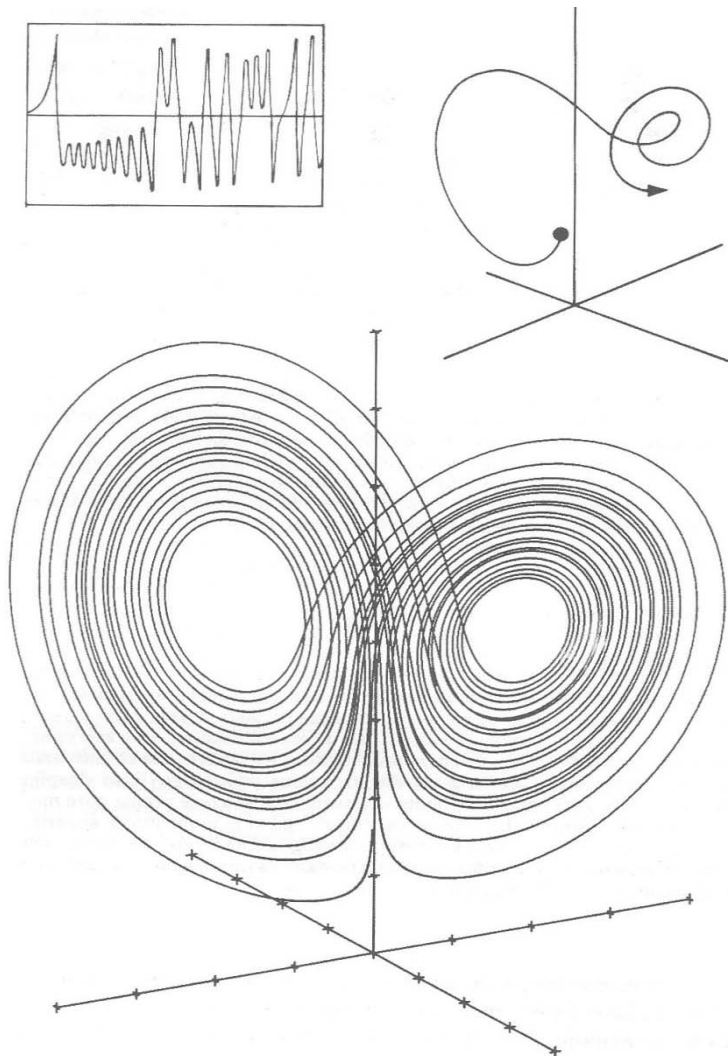
Voda ujednačeno ditiče sa vrha sistema. Ukoliko je proticaj vode u vodeničnom kolu mal, najviša čaša nikad se neće dovoljno napuniti da savlada trenje, pa se kolo ne pokreće. (Slično, kod fluida, ako je toplota premala da nadvlada viskoznost, fluid se neće pokrenuti).

Ako je proticaj veći, težina najviše čaše pokreće kolo (lijevo). Vodenično kolo prelazi u stanje jednolike vrtnje (sredina).

Ali, kod još većeg proticaja (desno), okretanje može postati kaotično zbog nelinearnosti ugrađene u sistem. Dok čaše prolaze ispod mlaza vode, o brzini okretanja zavisi koliko će se napuniti. Ako se kolo okreće brzo, malo je vremena za punjenje. (Slično, fluid u konvekcijskom vrtlogu koji se brzo okreće ima malo vremena za upijanje toplote.) Također, ako se kolo brzo okreće čaše mogu krenuti na drugu stranu, prije nego li se dospiju isprazniti. Kao rezultat, teške čaše na strani koja se kreće prema gore mogu uzrokovati usporavanje okretanja, a zatim i kretanje u obrnutom smjeru.

U stvari, otkrio je Lorenz, tokom dugog razdoblja okretanje mijenja smjer mnogo puta, a da pri tome nikad ne postane ravnomjerno ili se ponovi u bilo kojem predvidljivom obliku.

Intuicija naučnika (prije pojave teorije kaosa), upućuje na zaključak, da će se dugoročno, ako se dotok vode ne mijenja, uspostaviti stabilno stanje. Kolo će se stalno okretati u jednom smjeru, ili će stalno mijenjati smjer okretanja u pravilnim razmacima. Lorenz je utvrdio drugo. Ustvari otkrio je da tokom dugog razdoblja okretanje mijenja smjer mnogo puta, a da pri tom nikad ne postane ravnomjerno ili se ponovi u bilo kojem predvidljivom obliku.



LORENZOV ATRAKTOR. Ovaj magični lik, nalik licu sove ili krilima leptira, postao je zaštitni znak prvih istraživača kaosa. Otkriva fini ustroj skriven neurednim dotokom podataka. Tradicionalno promjenjive vrijednosti bilo koje pojedine promjenjive prikazuju se tzv. vremenskim nizovima (na vrhu crteža). Prikazivanje promjenjivih odnosa između tri promjenjive zahtjeva drugačiju tehniku. U bilo kojem trenutku tri promjenjive određuju položaj tačke u trodimenzionalnom prostoru; kako se sistem mijenja kretanje tačke predstavlja stalnu promjenu promjenjivih.

S obzirom da se sistem nikad tačno ne ponavlja putanja nikad ne presijeca samu sebe. Umjesto toga, vječno piše petlje. Kretanje na atraktoru je apstraktno, ali izražava bit kretanja stvarnog sistema. Na primjer prelazak s jednog krila atraktora na drugo odgovara promjeni smjera okretanja vodenog točka.

Tri Lorenzove jednačine, sa tri promjenjive (temperatura, brzina i vrijeme), posve su opisivale kretanje opisanog sistema. Provodeći proračun promjenjivih u odabranim vremenskim razmacima Lorenz je dobio vrijednosti koje su prvo rasle pa padale pa ponovo rasle i.t.d. Sastavljajući sliku iz podataka, Lorenz je svaki niz od tri broja koristio kao koordinate smještaja tačke u trodimenzionalnom prostoru. Tako je dobio niz tačaka koje je povezao krivom linijom «putanjom». Takva putanja je mogla dovesti do jednog mjesta i stati, što bi značilo da se sistem smirio u stabilnom stanju, gdje se varijable brzine i temperature ne mijenjaju. Ili je putanja mogla oblikovati petlju, krećući se stalno uokolo, što bi značilo da je sistem ušao u oblik ponašanja koji će se periodično ponavljati.

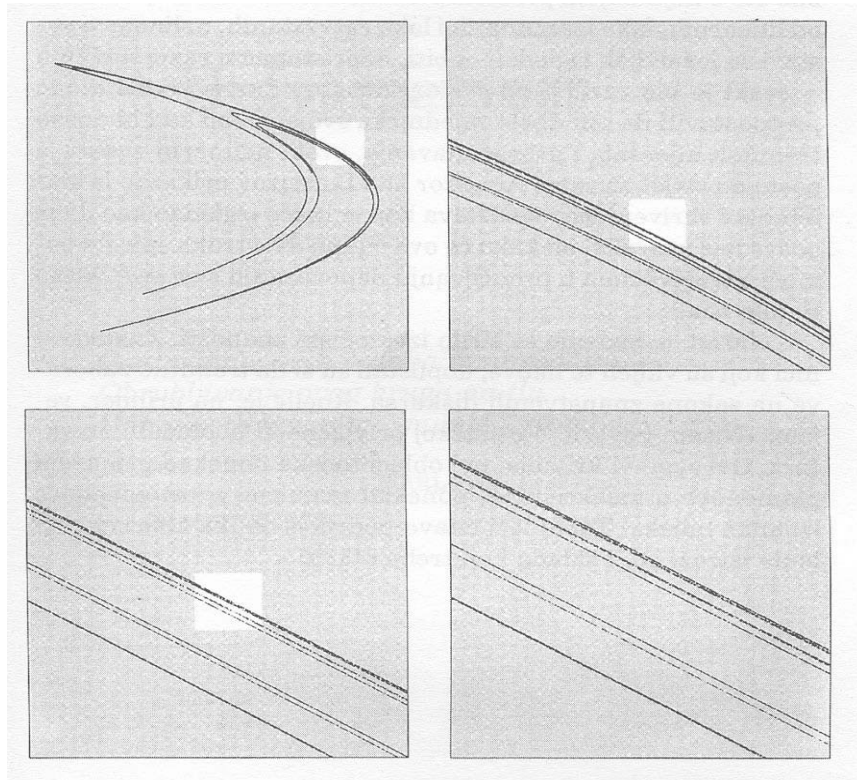
Lorenzov sistem nije učinio ništa od toga, već je grafikon pokazivao neku vrstu beskrajne složenosti. Uvijek je ostajao unutar određenih granica, ali se nije ni ponavljao. Slijedio je neobičan, prepoznatljiv oblik, neku vrstu dvostruke spirale u tri dimenzije, slično leptiru sa svoja dva krila. Oblik je ukazivao na čisti nered, jer nikakva tačka ni obrazac tačaka nije se ponovio. Ipak, to je isto tako ukazivalo i na novu vrstu reda. S obzirom da se sistem nikad tačno ne ponavlja, putanja nikad ne presijeca samu sebe. Umjesto toga vječno piše petlje. Kretanje na *atraktoru* je apstraktno, ali izražava bit kretanja stvarnog sistema. Na primjer, prelazak s jednog krila atraktora na drugo odgovara promjeni smjera okretanja vodenog kola ili konvekcije fluida uslijed zagrijavanja. Ovo rješenje Lorenzovih jednačina determinističkog ne periodičnog toka je poznato kao *Lorenzov atraktor* i najcitiraniji je u hiljadama radova iz teorije kaosa.

10. Henon-ov neobični atraktor

Michel Henon je bio astronom, vrlo udaljen od problema dinamike fluida i turbulencije. Na neki način, svakako, astronomija je pokrenula razmišljanja o dinamičkim sistemima, jer su mehanička kretanja planeta omogućila Newtonu njegova genijalna otkrića. Međutim planetarna, nebeska, mehanika se bitno razlikovala od većine zemaljskih sistema. Naime sistemi koji što gube, «rasipaju» energiju zbog trenja su disipativni. Astronomski sistemi nisu takvi. Oni čuvaju energiju, konzervativni su odnosno hamiltonovski su. Zapravo u infinitezimalnoj mjeri čak i astronomski sistemi trpe od neke vrste trenja, sa zvijezdama što isijavaju energiju i plimnim trenjem koje troši dio momenta tijela u kruženje, ali za sve praktične svrhe proračuni astronoma mogu zanemariti rasipanje energije. A bez rasipanja fazni prostor se ne savija i ne steže na način koji stvara beskonačno fraktalno raslojavanje. Neobični atraktor se tako nikada ne može pojaviti. A kaos? Mnogi astronomi prožive duge i sretne karijere bez spomena dinamičkih sistema, ali Henon je bio drugačiji.

Kada je Henon čuo o neobičnim atraktorima Ruella i Lorenza, premda disipativni sistemi nisu bili njegovo područje, Henonu se učinilo da je dobio ideju. Odlučio je ukloniti svako povezivanje na fizikalno porijeklo sistema i koncentrisati se samo na geometrijsku srž koju je želio istražiti. Tamo gdje su Lorenz i drugi ostali pri diferencijalnim jednačinama tokova s neprekinutim promjenama u prostoru i vremenu on se okrenuo jednačinama konačnih razlika diskretnim u vremenu. Ključ je bio, kako je vjerovao, u ponovljenom rastezanju i savijanju faznog prostora. Henon je nacrtao plosnati oval, na komadu papira. Da ga rastegne, odabrao je kratku numeričku funkciju, koja je premještala svaku tačku ovala na nove tačke u obliku koji se u luku rastezao iznad središta. To je bilo preslikavanje-točka po točka, čitav oval je preslikan na luk-

Zatim je izabrao drugo preslikavanje, ovaj put stezanje koje će smanjiti luk prema unutra kako bi postao uži. I zatim je trećim preslikavanjem okrenuo uski luk na bok, kako bi se uredno poklapao s izvornim ovalom. Ta tri preslikavanja mogla su se za potrebe izračunavanja udružiti u jednu funkciju. Numerički čitav postupak je bio toliko jednostavan da ga se moglo provesti kalkulatorom. Henon je početnu tačku sa koordinatama x i y odabrao manje-više nasumično. Da bi odredio novo x koristio je funkciju $x_{novo}=y+1-1,4x^2$, a za novo y funkciju $y_{novo}=0,3x$. Henon je računao i crtao tačke jednu za drugom. U početku su tačke, izgledalo je, nasumice «padale». Ali ubrzo se počeo pojavljivati lik, obris zakrivljen poput banane. Što je duže program radio, pojavljivalo se više pojedinosti. Činilo se da neki dijelovi obrisa imaju debljinu, ali zatim bi se debljina rastakala u dvije posebne linije, a te dvije u četiri, jedan par blizu, a drugi razmaknutiji. Na povećanju svaka od te četiri linije, pokazalo se, bila je sastavljena od dvije dodatne linije-i tako dalje-. ad infinitum. Kao i Lorenzov atraktor, i Henonov pokazuje beskrajno usitnjavanje, nalik na beskonačni niz ruskih babuški umetnutih jedna u drugu.



HENONOV ATRAKTOR. Jednostavna kombinacija savijanja i istežanja stvorila je atraktor koji je lako izračunati, ali ne tako lako i razumjeti. S pojavljivanjem hiljada pa miliona tačaka otkriva se sve više pojedinosti. Ono što izgleda kao jedna linija, povećanjem se pokazuje kao par, pa zatim par parova. Pa ipak, posve je nepredvidljivo hoće li se neke dvije tačke u nizu pojaviti blizu ili vrlo udaljene.

Začudjuće djelovanje neobičnog atraktora, može se procjeniti na drugi način, kada se lik pojavljuje u vremenu; točka po točka. Naime bilo koje dvije tačke u nizu su proizvoljno udaljene kao i bilo koje dvije početno bliske tačke u turbulentnom toku. Za bilo koji broj zadatih tačaka nije moguće pogoditi gdje će se pojaviti slijedeća, osim dakako, **da će to biti negdje na atraktoru.**

Tačke lutaju toliko nasumice, da se teško prisjećamo da je lik atraktor. To nije tek neka putanja dinamičkog sistema. To je putanja kojoj teže sve druge putanje. Zato nije važan izbor početnih uslova. Sve dok početna točka pada negdje blizu atraktora, slijedećih nekoliko tačaka će velikom brzinom konvergirati prema atraktoru.

Kao element otkriven računalnim istraživanjem, neobični atraktor, se pojavio tek kao «mogućnost», na mjestu na kojem veliki umovi 20. stoljeća nisu uspjeli. Ubrzo kad su naučnici vidjeli ono što su računala imala pokazati, izgledalo im je kao nešto što su vidali po svuda, u igri turbulentnih tokova, ili u oblacima poput velova raštrkanih nebom. Priroda je bila «ograničena». Nered je bio raspoređen, činilo se, u uzorke s nekom zajedničkom temom.

Kasnije prepoznavanje, neobičnih atraktora, hranilo je revoluciju u kaosu, nudeći jasan program numeričkim istraživačima. Oni su tragali za neobičnim atraktorima, po svuda gdje je izgledalo da se priroda ponaša nasumično. Mnogi su tvrdili da se zemaljske vremenske prilike temelje na neobičnom atraktoru. Drugi su prikupili milijune burzovnih podataka i tamo počeli potragu za neobičnim atraktorima., zureći u nasumičnost kroz podesivu lupu računala.

Sredinom sedamdesetih ova otkrića još su pripadala budućnosti. Nitko još nije zaista vidio neobični atraktor u eksperimentu., a kako kako bi ga trebalo tražiti bilo je daleko od očitog. U teoriji, neobični atraktor je mogao dati matematičku osnovu za fundamentalno nova svojstva kaosa. Ali nitko znao kako mjeriti ta svojstva, kako im pridružiti brojeve. Neobični atraktori djelovali su fraktalno, što je značilo da im je prava dimenzija fraktalna, ali nitko nije znao kako se takva dimenzija mjeri, niti kako takvo mjerenje primijeniti za neki inženjerski problem. Najvažnije nitko nije znao da li će neobični atraktor reći bilo šta o najdubljem problemu nelinearnosti sistema. Za razliku od linearnih, lako izračunatih i lako razvrstanih, nelinearni sistemi su još uvijek izgledali, u biti, nepristupačni razvrstavanju-svaki je bio različit od svakog drugog. Naučnici mogu pretpostaviti da oni dijele zajednička svojstva, ali kad bi došao trenutak mjerenja ili proračunavanja, svaki nelinearan sistem je postajao svijet za sebe.

TURBULENT FLOW AND THEORY OF CHAOS

Summary: *In this paper various aspects of turbulent flow are explained within the context of the theory of chaos.*

Key words: *Turbulence, Chaos*

O STABILNOSTI ŠTAPA NA ELASTIČNOJ PODLOZI

Branislava N. Novaković¹

UDK:624.075:624.046

Rezime: Razmatran je problem određivanja stabilnosti elastičnog štapa koji se nalazi na podlozi Vinklerovog tipa i opterećen je aksijalnom silom pritiska. Analiziraćemo nelinearni problem za različite slučajeve oslanjanja štapa. Uslov stabilnosti je određen u zavisnosti od parametra krutosti podloge i parametra opterećenja.

Ključne reči: parametar, uslov stabilnosti, sopstvena vrednost

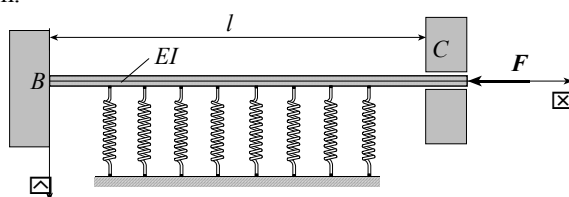
1. UVOD

Problem stabilnosti štapa koji leži na elastičnoj podlozi Vinklerovog tipa i opterećen je silom pritiska analiziran je od strane više autora. Rešenje problema dato je u radu [1] gde je određena kritična sila za štap koji je uronjen u elastičnu sredinu. Uticaj nelinearnosti podloge i početnih nesavršenosti je analiziran u radu [2]. Rešenje linearizovanog problema koje obuhvata odnos sile i karakteristike podloge dato je u [3].

U ovom radu rešenje problema nađeno je za nelinearizovani sistem jednačina za različite granične uslove.

2. FORMULACIJA PROBLEMA

Posmatraćemo štap BC prikazan na Slici 1. Osa štapa u nedeformisanom stanju ima dužinu L i poklapa se sa x -osom Dekartovog pravougaonog koordinatnog sistema xBy . U tački C štap je opterećen koncentrisanom silom F konstantnog intenziteta čiji se pravac poklapa sa x -osom.



Slika 1. Štap na elastičnoj podlozi uklešten na krajevima

Štap se nalazi na elastičnoj podlozi Vinklerovog tipa, tako da na njega deluje raspodeljena sila q_y . Intenzitet raspodeljene sile je

$$q_y = -c^2 y, \quad (1)$$

¹ Dr Branislava N. Novaković, dipl. inž. građ., Fakulte tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, tel: 021/6350-122 lok.138, e-mail:nbrana@uns.ns.ac.yu 4

gde je c konstanta koja definiše krutost podloge ($c > 0$). Sistem jednačina koje opisuju problem dat je sa

$$\begin{aligned} H' &= 0; \quad V' = c^2 y; \quad M' = -V \cos \theta + H \sin \theta; \\ x' &= \cos \theta; \quad y' = \sin \theta; \quad M = EI \theta'. \end{aligned} \quad (2)$$

U izrazima (2) H i V su horizontalna i vertikalna komponenta presečne sile, M je moment savijanja u poprečnom preseku, a θ je ugao između tangente na osu štapa u deformisanom obliku i x-ose i važi $(\cdot)' = \frac{d(\cdot)}{dS}$. Štap je na oba kraja uklešten, tako da granični uslovi imaju oblik

$$y(0) = y(l) = 0; \quad \theta(0) = \theta(l) = 0; \quad H(l) = -F. \quad (3)$$

Rešavanjem jednačina (2)_{1,2} i korišćenjem (3)₃ dobijamo $H = -F$. U daljim razmatranjima uvešćemo sledeće bezdimenzijske veličine:

$$\zeta = \frac{x}{l}; \quad \eta = \frac{y}{l}; \quad \lambda_1 = \frac{c^2}{IE}; \quad \lambda_2 = \frac{F}{IEl^2}; \quad v = \frac{V}{IEl^2}; \quad m = \frac{M}{IEl^3}; \quad t = \frac{S}{l} \quad (4)$$

Uvođenjem veličina (4) u jednačine (2) dobijamo

$$\dot{v} = \lambda_1 \eta; \quad \dot{m} = -v \cos \theta - \lambda_2 \sin \theta; \quad \dot{\zeta} = \cos \theta; \quad \dot{\eta} = \sin \theta; \quad \dot{\theta} = m. \quad (5)$$

U predhodnim izrazima važi $(\cdot) \dot{=} \frac{d(\cdot)}{dt}$.

Granični uslovi su

$$\zeta(0) = 0; \quad \eta(0) = 0; \quad \eta(1) = 0; \quad \theta(0) = 0; \quad \theta(1) = 0. \quad (6)$$

Određeno je trivijalno rešenje sistema za koje ose štapa ostaje prava

$$\theta^0 = \eta^0 = v^0 = 0; \quad \zeta^0 = t. \quad (7)$$

Netrivijalno rešenje može biti napisano u obliku

$$\theta = \theta^0 + \Delta\theta; \quad \eta = \eta^0 + \Delta\eta; \quad v = v^0 + \Delta v; \quad \zeta = \zeta^0 + \Delta\zeta, \quad (8)$$

gde su $\Delta\theta$, $\Delta\eta$, Δv i $\Delta\zeta$ poremećaji. Smenom (8) u (5) zanemarujući izraze

višeg reda u perturbacijama dobijamo

$$\Delta\dot{v} = \lambda_1 \Delta\eta; \quad \Delta\dot{m} = -\Delta v \cos \Delta\theta - \lambda_2 \sin \Delta\theta; \quad (9)$$

$$\Delta\dot{\zeta} = \cos \Delta\theta - 1; \quad \Delta\dot{\eta} = \sin \Delta\theta; \quad \Delta\dot{\theta} = \Delta m$$

Odgovarajući granični uslovi imaju oblik

$$\Delta\eta(0) = 0; \quad \Delta\eta(1) = 0; \quad \Delta\theta(0) = 0; \quad \Delta\theta(1) = 0. \quad (10)$$

Formiranje linearnog problema zahteva linearizaciju sistema (9). Rezultat linearizacije

(uz zanemarivanje oznake Δ ispred v , η, \dots, θ) je

$$\dot{v} = \lambda_1 \eta; \quad \dot{m} = -v - \lambda_2 \theta; \quad \dot{\zeta} = 0; \quad \dot{\eta} = \theta; \quad \dot{\theta} = m. \quad (11)$$

Jednačine (11) mogu biti redukovane, tako da dobijamo linearnu diferencijalnu jednačinu

$$\dots \eta + \lambda_2 \ddot{\eta} + \lambda_1 \eta = 0. \quad (12)$$

Karakteristični polinom jednačine (12) glasi

$$r^4 + \lambda_2 r^2 + \lambda_1 = 0. \quad (13)$$

Koreni ovog polinoma su

$$r_1 = i\beta_1; r_2 = -i\beta_1; r_3 = i\beta_2; r_4 = -i\beta_2, \quad (14)$$

gde su

$$\beta_1 = \left(\frac{\lambda_2 - \sqrt{\lambda_2^2 - 4\lambda_1}}{2} \right)^{\frac{1}{2}}; \beta_2 = \left(\frac{\lambda_2 + \sqrt{\lambda_2^2 - 4\lambda_1}}{2} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (15)$$

Opšte rešenje jednačine (12) je

$$\eta = C_1 \cos(\beta_1 \zeta) + C_2 \sin(\beta_1 \zeta) + C_3 \cos(\beta_2 \zeta) + C_4 \sin(\beta_2 \zeta), \quad (16)$$

gde su $C_k, k=1, \dots, 4$ integracione konstante. Odgovarajući granični uslovi imaju oblik

$$\eta(0) = 0; \eta(1) = 0; \dot{\eta}(0) = 0; \dot{\eta}(1) = 0. \quad (17)$$

Ako iskoristimo granične uslove (17) dobijamo sistem algebarskih jednačina koji ima netrivialno rešenje ako je determinanta sistema jednaka nuli. Izračunavanjem determinante i izjednačavanjem sa nulom dobijamo uslov stabilnosti u obliku

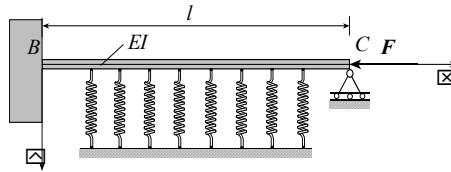
$$2\beta_1\beta_2(1 - \cos\beta_1 \cos\beta_2) - (\beta_1^2 + \beta_2^2)\sin\beta_1 \sin\beta_2 = 0 \quad (18)$$

Rešavanjem jednačine (18) za izabrane vrednosti λ_1 dobijamo niz vrednosti λ_{2i} , $i=1, 2, \dots, n, \dots$ za koji sistem ima netrivialna rešenja.

3. USLOV STABILNOSTI ZA OSTALE GRANIČNE USLOVE

1. U slučaju kada je štap na jednom kraju uklešten, a na drugom oslonjen na pokretni oslonac (Slika 2), granični uslovi imaju oblik

$$\eta(0) = 0; \eta(1) = 0; \dot{\eta}(0) = 0; \ddot{\eta}(1) = 0. \quad (19)$$



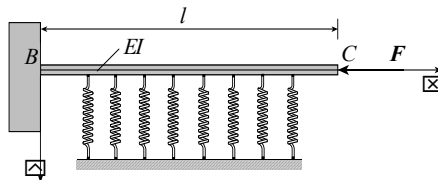
Slika 2. Štap na elastičnoj podlozi kada su granični uslovi dati sa(19)

Uslov stabilnosti, to jest uslov za postojanje netrivialnog rešenja linearizovanih poremećajnih jednačina, glasi

$$\beta_2 \sin\beta_1 \cos\beta_2 - \beta_1 \cos\beta_1 \sin\beta_2 = 0. \quad (20)$$

2. Ako je štap uklešten na jednom, a slobodan na drugom kraju kao što je prikazano na Slici 3., granični uslovi imaju oblik

$$\eta(0) = 0; \dot{\eta}(0) = 0; \ddot{\eta}(1) = 0; \ddot{\eta}(1) + \lambda_2 \dot{\eta}(1) = 0. \quad (21)$$



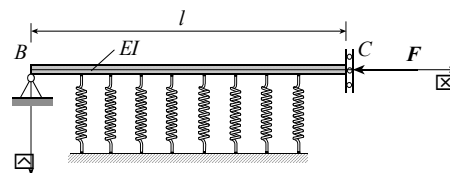
Slika 3. Štap na elastičnoj podlozi kada su granični uslovi dati sa(21)

Uslov za postojanje netrivialnog rešenja je

$$\begin{aligned} & \left[\lambda_2 (\beta_1^2 + \beta_2^2) - 2\beta_1^2 \beta_2^2 \right] \cos \beta_1 \cos \beta_2 - \lambda_2 (\beta_1^2 + \beta_2^2) + (\beta_1^4 + \beta_2^4) \\ & + \beta_1 \beta_2 \left[2\lambda_2 - (\beta_1^2 + \beta_2^2) \right] \sin \beta_1 \sin \beta_2 = 0. \end{aligned} \quad (22)$$

3. U sledećem primeru određen je uslov stabilnosti za štap oslonjen na nepokretni oslonac na jednom kraju, a uklešten na drugom, pri čemu ukleštenje dozvoljava vertikalno pomeranje tačke C (Slika 4.). Granični uslovi koji odgovaraju ovako izabranim uslovima oslanjanja su

$$\eta(0) = 0; \quad \ddot{\eta}(0) = 0; \quad \dot{\eta}(1) = 0; \quad \ddot{\eta}(1) = 0. \quad (23)$$



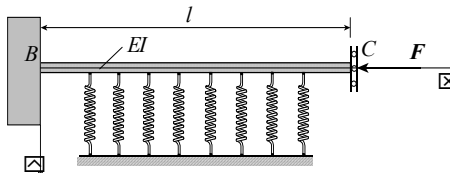
Slika 4. Štap na elastičnoj podlozi kada su granični uslovi dati sa(23)

Uslov stabilnosti je

$$\cos \beta_2 = 0. \quad (24)$$

4. Na Slici 5. prikazan je štap, kod koga na je na levom kraju ukleštenje, a na desnom kraju ukleštenje koje dozvoljava vertikalno pomeranje, ali je nagib tangente jednak nuli ($\theta(1) = 0$). Odgovarajući granični uslovi imaju oblik

$$\eta(0) = 0; \quad \dot{\eta}(0) = 0; \quad \dot{\eta}(1) = 0; \quad \ddot{\eta}(1) = 0. \quad (25)$$



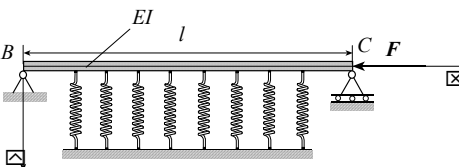
Slika 5. Štap na elastičnoj podlozi kada su granični uslovi dati sa(25)

Uslov stabilnosti je

$$\beta_2 \sin \beta_2 \cos \beta_1 - \beta_1 \cos \beta_2 \sin \beta_1 = 0. \quad (26)$$

5. U slučaju kada je štap zgloбно oslonjen na oba kraja (Slika 6.) granični uslovi imaju oblik

$$\eta(0) = 0; \quad \ddot{\eta}(0) = 0; \quad \dot{\eta}(1) = 0; \quad \ddot{\eta}(1) = 0. \quad (27)$$



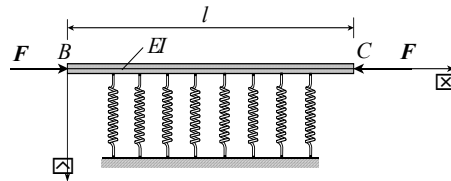
Slika 6. Štap na elastičnoj podlozi kada su granični uslovi dati sa(27)

Uslov stabilnosti je

$$\sin \beta_2 = 0. \quad (28)$$

6. Poslednji slučaj koji navodimo je posebno interesantan za inženjere koji se bave fundiranjem, a odnosi se na ledene ploče koje plutaju na vodi. Kritična sila određena u ovom primeru predstavlja najveću vrednost sile koju ledena ploča može da podnese prilikom nailaska na prepreku. Na primer, kada ledena ploča na reci udari u stub mosta ili ledena ploča na moru udari u naftnu platformu. Uslovi oslanjanja odgovaraju primeru kada su oba kraja slobodna kao što je prikazano na Slici 7., a granični uslovi su

$$\ddot{\eta}(0) + \lambda_2 \dot{\eta}(0) = 0; \quad \dot{\eta}(0) = 0; \quad \ddot{\eta}(1) + \lambda_2 \dot{\eta}(1) = 0; \quad \dot{\eta}(1) = 0. \quad (29)$$



Slika 7. Štap na elastičnoj podlozi kada su granični uslovi dati sa(29)

Uslov stabilnosti je

$$2\beta_1\beta_2(\beta_1^2 - \lambda_2)(\beta_2^2 - \lambda_2)\cos\beta_1\cos\beta_2 - 2\beta_1^3\beta_2^3\lambda_2(\lambda_2 - 2\beta_1^2\beta_2^2)\sin\beta_1\sin\beta_2 = 0. \quad (30)$$

Poslekritični oblici štapa u prethodnim primerima mogu odgovarati prvom ili višim modovima. Broj polutalasa za svaki mod izvijanja pri kritičnom opterećenju raste sa porastom vrednosti parametra λ_1 . Povećanje broja polutalasa se javlja zato što je potrebna manja energija nego za oblik štapa koji karakteriše jedan polutalasa.

4. ZAKLJUČAK

Analiza uslova stabilnosti za različite slučajeve oslanjanja štapa pokazala je rešenje postoji ako je zadovoljen uslov $\lambda_2^2 - 4\lambda_1 \geq 0$. Iz (15) se vrlo lako može pokazati da je

nalmanja vrednost kritičnog opterećenja za periodično rešenje $(F_{cr})_{\min} = 2c\sqrt{EI}$.

Poslekritični oblici štapa u prethodnim primerima mogu odgovarati prvom ili višim modovima. Broj polutalasa za svaki mod izvijanja pri kritičnom opterećenju raste sa porastom vrednosti parametra λ_1 . Povećanje broja polutalasa se javlja zato što je potrebna manja energija nego za oblik štapa koji karakteriše jedan polutalasa.

Numerička analiza pokazala je da za određene vrednosti parametara u primeru 5. rešenje nelinearnog problema daje poslekritične oblike štapa koji odgovaraju prvom i modifikovanom drugom modu. To znači da dijagram odziva pokazuje da postoje izolovana rešenja i rešenja koja polaze iz bifurkacionih tačaka. Postoje dve bifurkacione grane koje polaze iz jedne sopstvenoe vrednosti linearizovanog problema.

LITERATURA

- [1] Teodorescu, P.: On the Buckling of a Column in an Elastic Medium, Int. J. Eng. Sci., pp. 1749-1755., 1981
- [2] Chow N.-S. , Hale J.K.: Methods of Bifurcation Theory, Springer, Berlin, 1982
- [3] Atanacković T. : Stability Theory of Elastic Rods, World Scientific, Singapore, 1997
- [4] Elishakoff I., Cai G., Starnes J.H. : Non-linear buckling of A Column with initial Imperfection via stochastic and non- stochastic convex Models, Int. J. Non-Linear Mechanics, pp. 71-82., 1994
- [5] Magnusson A., Ristinmaa M., Ljung C. : Behaviour of the extensible elastica solution, Int. J. Solids and Structures, pp 8441-8457., 2000
- [6] Tsilika K. : On the Buckling of an Adhesively Supported Beam. A Resonant Eigenvalue Problem for a Hemivariational Inequality, Numer. Funct. Anal. and Optimiz., pp. 217-225., 2002
- [7] Timoshenko, S. P. and Gere, J. M. , Theory of elastic stability, Mc Graw-Hill, New York, 1961
- [8] Atanackovic, T. M. and Guran, A. , Theory of elasticity for scientists and engineers, Birhauser,Boston, 2000

ABOUT STABILITY OF THE ROD ON ELASTIC FOUNDATION

***Summary:** We consider the problem of determining the stability of a elastic rod positioned on Winkler type of foundation. The rod is loaded by axial force We shall analyze the nonlinear problem for the different boundary conditions. Stability criteria are given and it dependent on parameter of the foundation and parameter of the axial force.*

***Keywords:** parameter, Stability criteria, eigenvalue*

METOD DINAMIČKOG TESTIRANJA SUB-KONSTRUKCIJA PRIMENOM SEIZMIČKE VIBROPLATFORME

Danilo Ristić¹,
Marija Jovanović²,
Vlado Micov³

UDK:624.042.7

Rezime: *Permanentan razvoj savremenih i kompleksnih konstruktivnih sistema u oblasti zemljotresnog inženjerstva, aeronautike, savremenog mašinstva, robotike, automobilske industrije i slično, izloženih dinamičkim pobudama primarno se zasniva na realizaciji specifičnih i kompleksnih dinamičkih eksperimentalnih testova. U mnogim slučajevima od posebnog je interesa ispitivanje dinamičkog ponašanja određenog kritičnog segmenta konstrukcije (sub-konstrukcije). U ovom referatu je izložena teoretsko-eksperimentalna procedura novog eksperimentalnog metoda testiranja sub-konstrukcija koji se može uspešno primeniti pri realizaciji dinamičkih ispitivanja kompleksnih modela u realnom vremenu. Pomenuti koncept obezbeđuje realizaciju dinamičkih ispitivanja velikih modela pri čemu se obezbeđuje značajna redukcija cene testova, jer se glavna konstrukcija simulira analitički, a na seizmičkoj platformi se testira samo sub-konstrukcija.*

Ključne reči: *Testiranje sub-konstrukcija, seizmička vibro-platforma, realno vreme*

1. KONCEPT DINAMIČKOG TESTIRANJA SUB-KONSTRUKCIJA

U mnogim specifičnim slučajevima, zbog svojih značajnih prednosti, uspešno se koristi metod podkonstrukcija za "čisto" numeričku simulaciju dinamičkog odgovora kompleksnih konstruktivnih sistema. Prednosti ovoga koncepta su ogromne ako se analiziraju konstrukcije velikih razmera. Metod pod-konstrukcija omogućuje da se obezbede detaljni rezultati na nivou podkonstrukcija, iako u dinamičkom matematičkom modelu figurira reduciran broj tačaka koje su locirane na dopirnim kontaktnim površinama između definisanih karakterističnih pod-konstrukcija. Ove tačke predstavljaju osnovne-spoljašnje (master) čvorne tačke matematičkog modela, dok svaka pod-konstrukcija sadrži dovoljno veliki broj unutrašnjih čvornih tačaka. Na ovaj način se postiže traženi stepen detaljnosti na nivou svake pod-konstrukcije uz obezbeđenje ogromne uštede kompjuterskog vremena zbog izvršene optimizacije broja spoljašnjih čvornih tačaka. Od velikog je značaja činjenica što se metod podkonstrukcija može

¹ Prof. d-r Danilo Ristić, Institut za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju, Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", 1000 Skoplje, Republika Makedonija, +389 2 3107 705 e-mail: danilo@pluto.izis.ukim.edu.mk

² Ass. Marija Jovanović, Institut za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju, Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", 1000 Skoplje, Republika Makedonija, +389 2 3107 722 e-mail: marijaj@pluto.izis.ukim.edu.mk

³ Vanr. Prof. d-r Vlado Micov, Institut za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju, Univerzitet Sv. Kiril i Metodij", 1000 Skoplje, R. Makedonija, +389 2 3107 760 e-mail: micov@pluto.izis.ukim.edu.mk

uspešno primeniti kako za analizu kompleksnih linearnih konstrukcija tako i za analizu kompleksnih nelinearnih konstruktivnih sistema. Današnji nivo razvoja kompjuterske tehnologije obezbeđuje uslove za rapidno uvećanje razmera modela sa optimizacijom obima numeričkog procesa, kosteci prednosti metoda modeliranja baziranog na konceptu podkonstrukcija.

Međutim, u najnovije vreme izvanredno su aktuelna istraživanja za definisanje inovativnog koncepta dinamičkog ispitivanja kompleksnih konstruktivnih sistema u realnom vremenu, koristeći prednosti metoda podkonstrukcija. Najznačajnije je naglasiti da je u tom slučaju potrebno obezbediti integriranu funkciju najuspešnijih dostignuća u različitim tehničkim disciplinama. Ovaj usluv je potrebno ispuniti zbog samog koncepta realizacije dinamičkog testa pri čemu se samo konkretna pod-konstrukcija uključuje kao "stvaran" fizički model kompleksnog konstruktivnog sistema, a glavna konstrukcija (ostali deo) se modelira i tretira "čisto" analitički. Da bi se uspešno realizovao eksperimentalni test ovog tipa potrebno je integrisati u jednu integralnu celinu najmoderniju opremu kao sto su: (1) poslednje generacije brzih kompjutera, (2) brzi dinamički pobuđivači za aplikaciju dinamičkih sila sa visokim performansama, (3) brza i moćna oprema za akviziciju sa što većim brojem kanala za registraciju dinamičke promene različitih fizičkih veličina, (4) specifičan namenski kompjuterski softver, (5) savremeni merači različitih fizičkih veličina i slično.

1.1 Sistem diferencijalnih jednačina

Sistem homogenih diferencijalnih jednačina kretanja se formulira saglasno referenci (1) primenom Hamilton-ovog principa. Kinematrički odnosi pomeranja i brzine i ubrzanja (kao derivacije pomeranja po vremenu) u određenom fiksnom koordinatnom sistemu, a relativno u odnosu na bazu u kojoj je zadata pobuda, treba najpre uspostaviti. Ako se zanemare članovi višeg reda, dobija se:

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = -[M][G]\{b(t)\} \quad (1)$$

gde je:

- [M] - matrica mase sistema
- [C] - matrica prigušenja sistema
- [K] - matrica krutosti sistema
- {U} - vektor relativnih pomeranja u odnosu na osnovu
- { \dot{U} } - vektor relativnih brzina
- { \ddot{U} } - vektor relativnih ubrzanja
- {b(t)} - vektor koji sadrži šest komponenata apsolutnih ubrzanja osnove
- [G] - matrica koja sadrži takozvane eigen-vektore krutog tela lociranih u kolonama

Eigen-vektori krutog tela se mogu odediti primenom jediničnih pomeranja u osnovi, a u pravcu svakog translacionog i rotacionog stepena slobode.

Oznake koje se uvode:

$$\{I(t)\} = -[M][G]\{b(t)\}$$

Pored ovog vektora opterećenja koji predstavlja zadata ubrzanja osnove, glavna konstrukcija sistema je takođe opterećena sa izmerenim silama veza pri realizaciji eksperimenta sa ispitivanjem samo izdvojene sub-konstrukcije (koja se tretira eksperimentalno).

Da bi se definisala procedura eksperimenta sa ispitivanjem samo sub-konstrukcija, potrebno je definisati jednačine kretanja izdvojenog glavnog sistema (tretiranog analitički u ovom slučaju).

Jednačine kretanja sub-konstrukcije (ili podsistema) su potrebne samo da bi se simulirala procedura, za potrebu verifikacije ili za teoriska istraživanja.

Jednačine kretanja oba sistema se dobijaju na bazi jednačina kretanja integralnog sistema na taj način što su elementi veze eliminisani od matrice sistema i matematički korektno prebačeni na desnu stranu jednačine kretanja. Sam postupak je baziran na primeni poznatog koncepta pod-konstrukcija opisanog u [2].

Najpre se uspostavlja sistem jednačina kretanja integralnog sistema, no pri tome su matrice i vektori predstavljeni putem sub-matrica na sledeći način:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} [M]_{bs} & [M]_{cs} \\ [M]_{cs}^T & [M]_{ss} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\ddot{U}\}_{bs} \\ \{\ddot{U}\}_{ss} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [C]_{bs} & [C]_{cs} \\ [C]_{cs}^T & [C]_{ss} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\dot{U}\}_{bs} \\ \{\dot{U}\}_{ss} \end{Bmatrix} + \\ & + \begin{bmatrix} [K]_{bs} & [K]_{cs} \\ [K]_{cs}^T & [K]_{ss} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{U\}_{bs} \\ \{U\}_{ss} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\}_{bs} \\ \{F\}_{ss} \end{Bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

Pri ovome uvodimo oznake indeksa:

bs - član koji predstavlja bazičan (osnovni, glavni) sistem

ss - član koji predstavlja sub-sistem koji se ispituje

cs - član koji predstavlja sistem veza između dva sub-sistema.

Koristeći drugi red jednačine (2) predstavljene pomoću sub-matrica može se dobiti izraz pomeranja sub-sistema $\{U\}_{ss}$.

$$\{U\}_{ss} = [K]_{ss}^{-1} \left(\{F\}_{ss} - [K]_{cs}^T \{U\}_{bs} - [M]_{ss} \{\ddot{U}\}_{ss} - [C]_{cs}^T \{\dot{U}\}_{bs} - [C]_{ss} \{\dot{U}\}_{ss} \right) \quad (3)$$

Ovako dobiveno parcijalno rešenje može se zameniti u prvom redu jednačine (2) koja se potom sređuje tako da svi članovi koji sadrže nepoznate $\{U\}_{bs}$ ili njihove izvode su na levoj strani a ostali članovi se prebacuju na desnu stranu. Rešenje je specifično za model koji se analizira.

U toku realizacije eksperimenta, sub-konstrukcija se tretira kao oslonjena, kao što je to i slučaj, budući da je ista vezana za glavni sistem. Pomeranja se javljaju kao relativna u odnosu na sopstvenu bazu, a baza u stvari treba da predstavlja set efektivnih stepena slobode glavnog sistema.

Na taj način se može dobiti ukupno pomeranje sub-konstrukcije kao:

$$\{U\}_{ss} = \{U\}_{bs}^C + \{U\}_{ss}^S \quad (4)$$

gde su:

$\{U\}_{ss}^S$ - relativna pomeranja pod-konstrukcije, i

$\{U\}_{bs}^C$ - pomeranja prenosnih - vezanih (coupling) stepena slobode glavnog sistema

Ovde nepoznate koje treba rešiti ustvari su relativna pomeranja podkonstrukcije $\{U\}_{ss}^S$.

Takođe, ovo parcijalno rešenje je specifično za određen sistem.

1.2. Numeričko rešenje kretanja glavnog sistema

Jednačina kretanja glavnog sistema treba biti rešena pomoću kompjutera. Ako obeležimo sa $\{F\}_C$ sile veze, merene u fugi između glavnog sistema i podsistema, a $\{f(e)\}$ neka je kompenzacija za eventualnu grešku. Ako je vremenska osa t diskretizirana sa konstantnim vremenskim koracima Δt , tada se dinamička ravnoteža za vremenski moment $t+\Delta t$ izražava kao:

$$[M] \{\ddot{U}\}^{t+\Delta t} + [C] \{\dot{U}\}^{t+\Delta t} + [K] \{U\}^{t+\Delta t} = \{F\}_C^{t+\Delta t} + \{I\}^{t+\Delta t} + \{f(e)\}^t \quad (5)$$

Gornje oznake su uvedene zbog pogodnosti, a iste ne izazivaju pogrešno tumačenje.

Vremenska diskretizacija može se interpretirati kao formulacija konačnih elemenata u vremenskom domenu [2]. Funkcije oblika koje su uvedene za promenu pomeranja u toku vremena baziraju na 3 ili 4 pomoćne tačke (šema sa 3 koraka ili sa 4 koraka). Vremenski integral se rešava putem formulacije preko težinskih ostataka. Koristeći različite težinske funkcije, praktično sve poznate integracione šeme po vremenu mogu biti dobivene preko određenog rigoroznijeg postupka. Različiti setovi parametara ovog metoda, odnosno različite šeme integracije, vremenski intervali i slično, diskutirani su u referenci [3]. Za slučaj primene istih kod linearnih neprigušenih sistema, istraživana je njihova stabilnost. Utvrđeno je da je numeričko prigušenje indikator stabilnosti algoritma [2]. Takozvani Newmark-ov β -metod obezbeđuje šemu sa samo tri koraka sa bezuslovnom stabilnošću i bez veštačkog prigušenja, međutim sa malo numeričkog omekšanja. Suprotno, metod centralnih razlika (central difference method), koji je često primenjivan u kontekstu pseudo-dinamičkog ispitivanja, nije bezuslovno stabilan. Potreban vremenski interval za stabilno rešenje, možda neće biti realiziran sa eksperimentom, što zavisi od fundamentalnih frekvencija ispitivanog eksperimentalnog modela. Šema sa četiri koraka, kako što je zaključeno u referenci [3], ne obezbeđuje značajnu prednost, da bi opravdali veći obim proračuna.

Newmark-ov β -metod sa izabranim parametrima za bezuslovnu stabilnost je ustvari metod koji je izabran u ovom slučaju. Uzimajući oznake saglasno Zienkiewicz [2], parametri su $\beta=0.25$ i $\gamma=0.5$. Jednačina kretanja je rešena po ubrzanjima. Uvedeni su sledeći izrazi:

$$a_1 = (1 - \gamma) \Delta t; \quad a_2 = \gamma \cdot \Delta t \quad \text{i} \quad a_3 = \beta \cdot \Delta t^2$$

$$a_4 = \Delta t; \quad a_5 = \left(\frac{1}{2} - \beta \right) \Delta t^2$$

Sa ovim se dobija takozvana efektivna matrica masa (5).

$$[M]_e = [M] + a_2 [C] + a_3 [K] \quad (6)$$

kao i efektivan vektor opterećenja.

$$\{F\}_e = -[C] \left(\{\dot{U}\}^t + a_1 \{\ddot{U}\}^t \right) - [K] \left(\{U\}^t + a_4 \{\dot{U}\}^t + a_5 \{\ddot{U}\}^t \right) \quad (7)$$

sada se može rešiti jednačina kretanja (5), najpre po ubrzanjima (akceleracijama), a zatim se određuju brzine i pomeranja.

$$\{\ddot{U}\}^{t+\Delta t} = [M]_e^{-1} \left[\{F\}_e^t + \{f(e)\}^t + \{F\}_C^{t+\Delta t} + \{I\}^{t+\Delta t} \right] \quad (8)$$

$$\{\dot{U}\}^{t+\Delta t} = \{\dot{U}\}^t + \left[(1 - \gamma) \{\ddot{U}\}^t + \gamma \{\ddot{U}\}^{t+\Delta t} \right] \Delta t \quad (9)$$

$$\{U\}^{t+\Delta t} = \{U\}^t + \Delta t \{\dot{U}\}^t + \left[\left(\frac{1}{2} - \beta \right) \{\ddot{U}\}^t + \beta \{\ddot{U}\}^{t+\Delta t} \right] \Delta t^2 \quad (10)$$

Ova rekurzivna forma može biti rešena metodom korak-po-korak (u ciklusima) u vremenskom intervalu koriseći diskretan vremenski inkrement Δt . Može se odbeležiti da efektivna matrica masa, jednačina (6), je konstantna (što znači da je glavni sistem potpuno linearan). Na taj način inverzija matrica može se vršiti samo jednom. Uzimajući sve članove jednačine (8), odsono zamenom $\{\ddot{U}\}$ i $\{\dot{U}\}$ u jednačini (10), dobija se linearna jednačina po vektoru sila u svakom vremenskom koraku, bez obzira na izabran metod numeričke integracije. Kontrola je izvršena od početne vrednosti (ovde, ubrzanja, brzine, pomeranja ili čak vektor stanja $\{ \{U\}, \{\dot{U}\} \}^T$ može takođe biti kontrolisan. Vektor sila varira saglasno merenju sila spajanja (coupling force) ili zbog nelinearnosti u sistemu.

1.3. Sub-inkrementi

Jednačina (8) sadrži vektor reakcija podkonstrukcije (sub-sistema), $\{F\}_C^{t+\Delta t}$, koji je još uvek nepoznat. Ovo je tipična pojava u slučaju primene implicitne šeme integracije. U toku čisto numeričke procedure proračuna, problem se rešava putem iteracija. Ovo je nemoguće u toku testa, pošto bi iteracija izazvala veštačke oscilacije sistema.

Zbog toga se u ovom slučaju primenjuje tehnika sub-inkremenata umesto tehnike iteracija. Sve veličine u jednačini (8), sa oznakama "t" i spoljašnje opterećenje se primenjuju u malim intervalima.

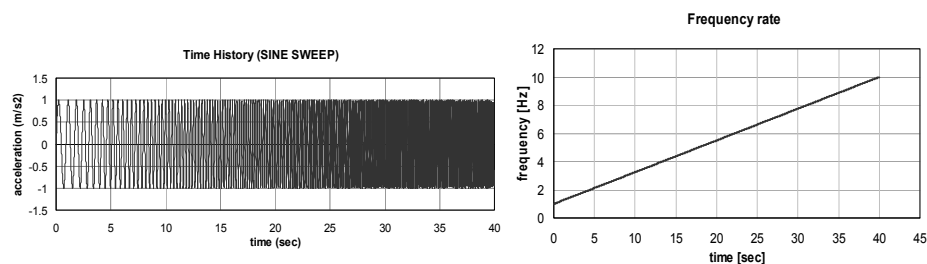
2. ZNAČAJ PODKONSTRUKCIJA I NUMERIČKA SIMULACIJA DINAMIČKOG ODGOVORA

2.1. Konceptija numeričkih simulacija

U cilju definisanja generalnog koncepta za primenu metoda podkonstrukcija pri realizaciji dinamičkih eksperimenata u realnom vremenu, izvršena je numerička simulacija dinamičkog odgovora posebnih segmenata konstruktivnog sistema kao i alternativno formiranih integralnih konstrukcija. Najpre je formirana prototipska podkonstrukcija (PK) u vidu reprezentativne platforme. Zatim je formirana prototipska glavna konstrukcija (GK) i vidu prostornog trospratnog rama sa pogodnim gabaritom u odnosu na pod-konstrukciju (PK). Koristeći prethodna dva segmenta (PK) i (GK) formirane su dve različite integralne konstrukcije (IK1) i (IK2). Prva integralna konstrukcija (IK1) je formirana tako što je na seizmičkoj vibroplatformi najpre postavljena pod-konstrukcija (PK) a preko nje je nadgrađena glavna konstrukcija (GK). Druga integralna konstrukcija (IK2) je formirana obratno. Najpre je na seizmičkoj vibroplatformi postavljena glavna konstrukcija (GK), a preko nje je nadgrađena pod-konstrukcija (PK). Za sva četiri konstruktivna segmenta (PK, GK, IK1 i IK2) izvršena je analiza dinamičkog odgovora za slučaj simulirane specifične dinamičke pobude putem seizmičke vibroplatforme. Karakteristični rezultati numeričkih simulacija komparativno su izloženi u ovom referatu.

2.2. Generiranje specifične dinamičke pobude seizmičke vibroplatforme

Dinamički odgovor različitih konstruktivnih segmenata: (1) Podkonstrukcije (PK); (2) Glavne konstrukcije (GK); (3) Prve integralne konstrukcije (IK1) i (4) Druge integralne konstrukcije (IK2), numerički je simuliran koristeći istu dinamičku pobudu i isti iznos prigušenja 10%. Dinamička pobuda je namenski generirana u obliku sinusnog akceleroograma (Sl.1) sa konstantnom akceleracijom od $A_{const}=1.000 \text{ m/sec}^2$, i linearnom promenom frekvencija u opsegu $f_1=1\text{Hz}$ do $f_2=10\text{Hz}$, u toku celog vremena trajanje pobude $T = 40 \text{ sec}$. Ovako generisane dinamičke pobude predstavljaju takozvani signal "sinusni-svip" (sine-sweep) i često se koristi pri realizaciji dinamičkih ispitivanja modela na seizmičkoj vibroplatformi.



Sl.1. Generisana dinamička pobuda tipa "sinusni-svip" (sine sweep)

2.3. Numerička simulacija dinamičkog odgovora pod-konstrukcije (PK) i glavne konstrukcije (GK)

Prototipska pod-konstrukcija (PK) je kreirana u vidu platforme oslonjene na ukupno šest (6) diskretnih tačaka. Platforma ima dimenzije: $a = 2.5 + 1.5 = 4.0$ m i $b = 1.5$ m i ukupnu masu od $m = 1.163$ t. U podužnom pravcu platforma ima simetričan dinamički odgovor i zbog toga je dinamička pobuda simulirana u tom pravcu. Krutostne karakteristike svake oslonačke tačke simulirane su sa po tri (3) link elemenata za dve horizontalne i jednu vertikalnu translaciju. Za svaku tačku oslanjanja i u podužnom i u poprečnom pravcu definirane su iterativno iste krutostne karakteristike link elemenata $K_x = K_y = 31.5$ kNm. Krutostne karakteristike link elemenata u vertikalnom pravcu usvojene su 100 puta veće, $K_z = 3150.0$ kN.m. Vrednosti krutostnih karakteristika za dva horizontalna pravca su određene iz uslova da periode prvih tonova u oba pravca bude približno 0.5 sec (odnosno da frekvencije budu približno 2.0 Hz. Glavna konstrukcija (GK) je definisana u vidu trospratne prostorne okvirne (ramovske) konstrukcije sa identičnim platformama kao i pod-konstrukcija. Međutim, geometrija vertikalnih stubova je definisana iterativno da bi se dobile isto tako identične periode vibracija u oba pravca u iznosu od oko 0.5 sec, t.j. frekvencije oko 2.0 Hz, kao i u slučaju pod-konstrukcije. Na taj način je omogućena komparativna analiza dinamičkog odgovora pod-konstrukcije (PK) i glavne konstrukcije (GK) koje imaju približno identične osnovne periode vibracija. Za tako definisanu pod-konstrukciju (PK) i glavnu konstrukciju (GK) izvršena je analiza dinamičkih karakteristika Tab.1 i analiza dinamičkog odgovora za napred definisanu pobudu.

Tabela 1. Periode i frekvencije sedam tonova za PK, GK, IK1 i IK2

Ton	Pod-konstrukcija (PK)		Glavna konstrukcija (GK)		Integralna konstrukcija (IK1)		Integralna konstrukcija (IK2)	
	T(sec)	f(Hz)	T(sec)	f(Hz)	T(sec)	f(Hz)	T(sec)	f(Hz)
1	0.499	2.00	0.507	1.97	1.142	0.876	0.717	1.395
2	0.492	2.03	0.200	5.00	1.114	0.898	0.529	1.890
3	0.343	2.91	0.178	5.62	0.777	1.287	0.367	1.492
4	0.075	13.33	0.151	6.62	0.291	3.436	0.359	2.785
5	0.042	23.80	0.121	8.26	0.254	3.937	0.190	5.263
6	0.041	24.39	0.063	15.87	0.157	6.369	0.174	5.747
7	0.029	34.48	0.049	20.41	0.146	6.849	0.142	7.042

Maksimalne vrednosti dinamičkog odgovora pod-konstrukcije (PK) i glavne konstrukcije (GK) date su komparativno u Tab. 2.

Tabela 2. Vrednosti maksimalnih amplituda odgovora najvišlje tačke

Pod-konstrukcija (PK)			Glavna konstrukcija (GK)		
T70	D(m)	0.04479	T70	D(m)	0.05765
	V(m-sec)	0.5953		V(m-sec)	0.7453
	A(m-sec ²)	7.854		A(m-sec ²)	9.712

Karakteristično je da pomeranja i brzine drastično opadaju kod viših frekvencija (van opsega osnovnih tonova).

2.4. Numerička simulacija odgovora integralnih konstrukcija IK1 i IK2

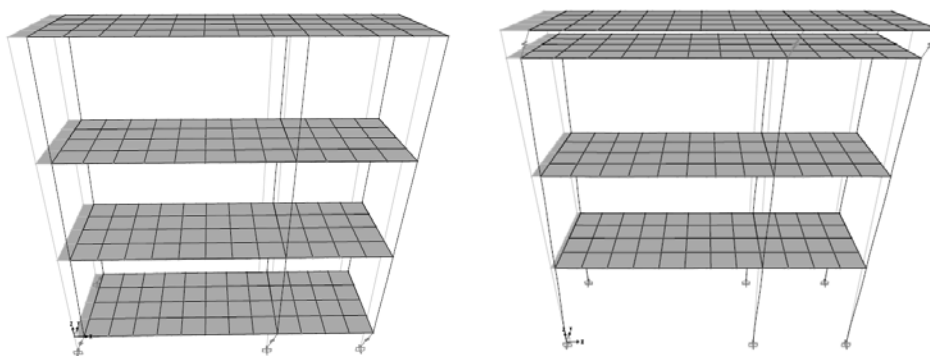
Prva varijanta integralne konstrukcije (IK1) je oformljena tako što je definisana pod-konstrukcija (PK) oslonjena na seizmičku vibroplatformu, a preko nje je dodata glavna konstrukcija u vidu trospratnog rama, Sl.2a. Integralna konstrukcija IK1 praktično predstavlja prototip seizmičke izolovanog objekta. **Druga varijanta** integralne konstrukcije (IK2) je oformljena tako što je glavna konstrukcija (GK) oslonjena na seizmičku vibroplatformu a preko nje je dodata pod-konstrukcija u vidu izolovane platforme, Sl.2b. Integralna konstrukcija IK2 praktično predstavlja prototip objekta koji poseduje TMD (tuned mass damper), odnosno pomerljivu masu u ulozi prigušivača. Obe integralne konstrukcije poseduju istu masu ($m=4.90$ t), a krutost link elemenata pod-konstrukcije su zadržane nepromenljive.

Zbog različitog komponiranja integralnih konstrukcija, iako su im ukupne mase identične, nastala je drastična razlika u dinmičkim karakteristikama, Tabela 3.

Tabela 3. Profil maksimalnih pomeranja platformi za IK1 i IK2

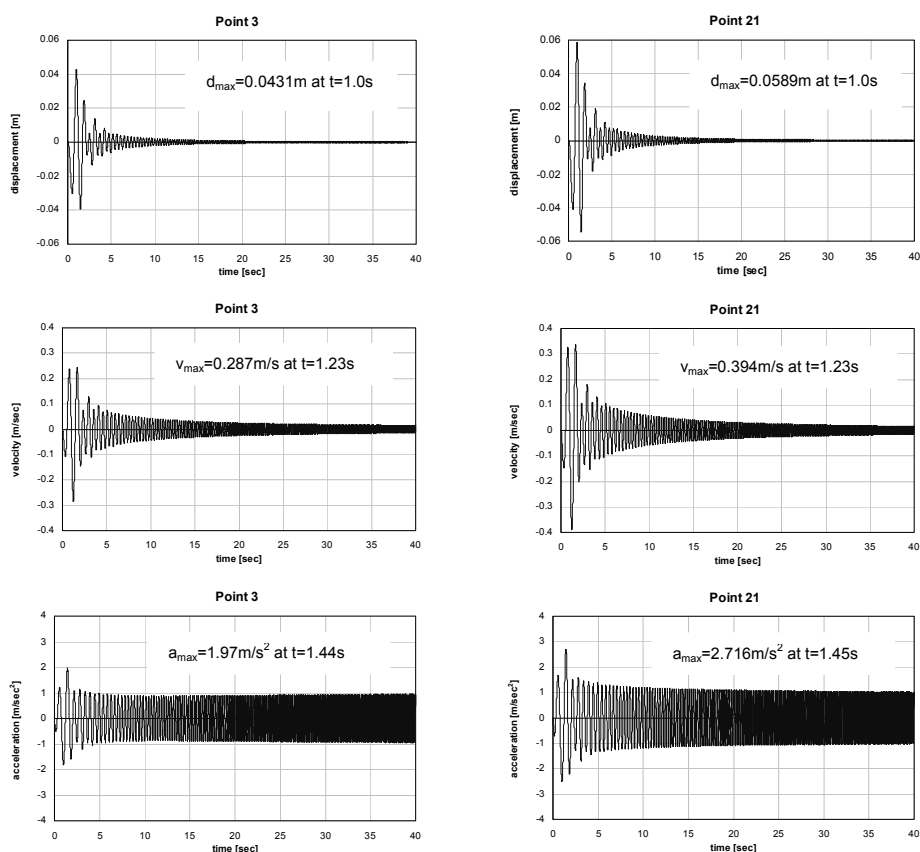
Nivo	IK1: $t=1.0$ sec (max-baza)		IK2: $t=2.72$ sec (max-vrh)	
	Pomeranje (m)	Razlika (%)	Pomeranje (m)	Razlika (%)
4	0.0589	36.6	-0.822	187.0
3	0.0559	29.7	-0.0439	100.0
2	0.0506	17.4	-0.0319	73.0
1 (baza)	0.0431	0.0	-0.0162	37.0

Isto tako forme osnovnih tonova vibracije su potpuno različite, Sl.2.



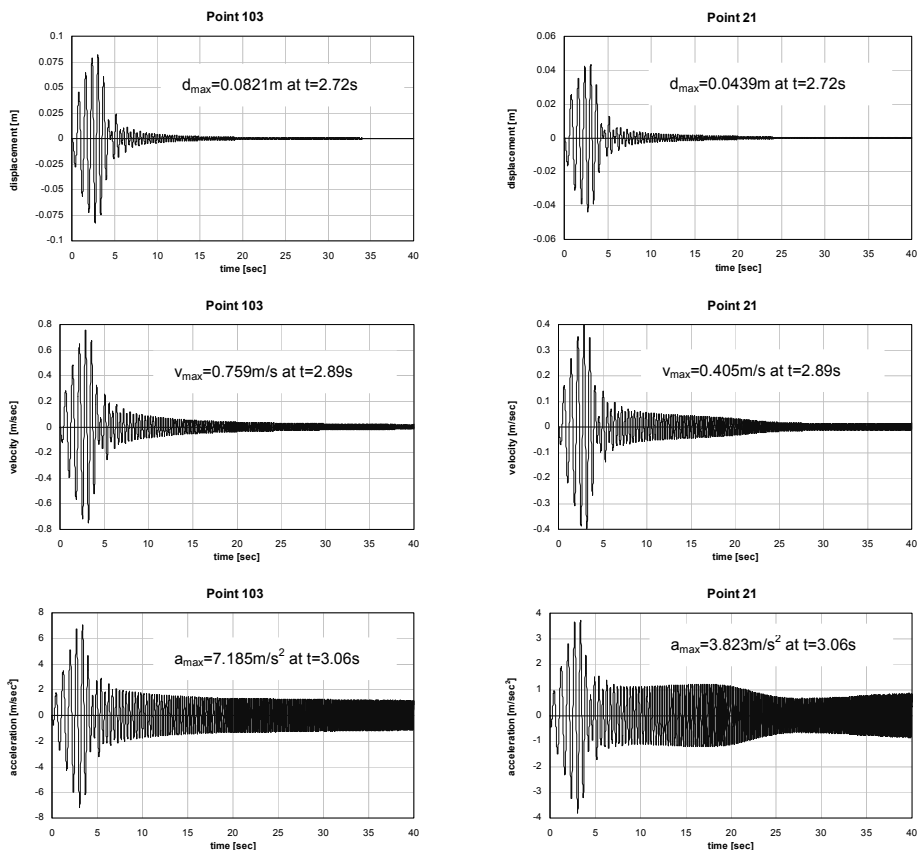
Sl. 2. Različite forme osnovnih tonova različitih integralnih konstrukcija: IK1 i IK2

Prva integralna konstrukcija IK1, pošto predstavlja prototip seizmički izolovanog objekta ima izražena pomeranja u bazi, dok se po visini odgovor relativno malo razlikuje, Tabela 3 i Slika 3.



Sl. 3. Karakteristične funkcije odgovora najniže platforme (1) i najvišlje platforme (4) integralne konstrukcije IK1

Druga integralna konstrukcija IK2, pošto predstavlja prototip objekta sa pokretnom masom na vrzhu u ulozu prigušivača ima dosta specifičan dinamički odgovor po visini. Naprimera, najvišlja platforma (4) i platforma odmah ispod nje (3) imaju dosta različit dinamički odgovor po amplitudama. Pri tome najvišlja platforma ima skoro dvostruko veća pomeranja, Sl.4.



Sl. 4. Karakteristične funkcije odgovora najvišlje platforme (4) i platforme ispod nje (3) integralne konstrukcije IK2

Iako su sledeće dve niže platforme analogne, njihov dinamički odgovor je po formi dosta različit (naročito u slučaju brzine i ubrzanja).

Međutim, ako se uporede pomeranja, uočljivo je da najvišlje nivo-4 sa izraženim pomeranjem, značajno narušava dosta regularan profil pomeranja za nivo-3, za nivo-2 i za nivo-1, Tabela 3.

Za slučaj brzine i ubrzanja dolazi do pojave značajno uočljivih razlika u formi dinamičkog odgovora. Generalno, može se sagledati vilka razlika dinamičkog ponašanja integralnih konstrukcija IK1 i IK2 iako su njihove mase i spratnost identične. Navedena specifičnost ukazuje na viliki značaj usavršavanja metode dinamičkog ispitivanja podkonstrukcija kako bi se omogućilo detaljno izučavanje dinamičkog odgovora kako integralnih konstrukcija tako i specifičnih eksperimentalnih (fizičkih) modela podkonstrukcija.

3. ZAKLJUČCI

1. Dosadašnja istraživanja ukazuju da na današnjem stepenu razvoja tehnologije brzih kompjutera i brzih sistema za simulaciju dinamičkog opterećenja putem kontrole pomeranja, brzine, ubrzanja ili sila, koncept pod-konstrukcija predstavlja najmoćniji pristup za izvođenje kompleksnih eksperimentalnih ispitivanja pod-konstrukcija (sub-struktura) u realnom vremenu.
2. Dinamička ispitivanja konstrukcija u realnom vremenu primenom metode pod-konstrukcija predstavljaju najsloženiji tip dinamičkog ispitivanja sa izvanrednim prednostima. Ovaj tip ispitivanja nastaje putem "atipične" (brze) evolucije od najjednostavnijih statičkih, kvazi-statičkih i dinamičkih testova integralnih modela na seizmičkoj vibroplatformi, zahvaljujuću rapidnom razvoju tehnologije u najnovije vreme.
3. Usavršavanjem metoda dinamičkog ispitivanja baziranog na konceptu pod-konstrukcija je od posebnog značaja jer ovaj metod ima izvanredno značajnu budućnost, s obzirom da se isti može uspešno primenjivati skoro u svim oblastima moderne tehnike.
4. Nameće se potreba usavršavanja svih savremenih eksperimentalnih istema, iz domena eksperimentalne opreme kao sto su brzi kompjuteri, brzi dinamički pobuđivači, savremena oprema za brzu akviziciju, specifičan namenski kompjuterski softver, savremeni merači za merenje različitih fizičkih veličina i drugi integrirani sistemi.
5. Potrebno je optimalno integriranje savremene opreme u jednu integralnu laboratorisku celinu, koja sa svojom fleksibilnošću u performansama može da obezbedi unapređene uslove za realizaciju najsloženijih dinamičkih eksperimenata baziranih na konceptu pod-konstrukcija. Tačnije danas je jasno da je potrebno razviti moćnu robotičku laboratoriju (ROBO-LAB) kako bi se omogućila uspešna realizacija složenih dinamičkih eksperimenata u realnom vremenu baziranih na konceptu pod-konstrukcija.

4. REFERENCE

- [1] U. Füllekrug, Utilization of multi-axial shaking tables for modal identification of structures, *Phil. Trans. Royal Soc. London* 359 (2001), 1753-1770.
- [2] D.C. Zienkiewicz, *The Finite Element Method*, McGraw-Hill, Maidenhead, 1977.
- [3] U. E. Dorka, Hybrid experimental-numerical simulation of vibrating structures, in: *Proc. Wave 2002*, Okayama, Japan, 2002.
- [4] R.W. Clough, J. Penzien, *Dynamics of Structures*, McGraw-Hill, New York, 1993.
- [5] C.R. Thewalt, S.A. Mahin, Hybrid solution techniques for generalized pseudo-dynamic testing, Report No. UCB/EERC-87/09, Univ. of California Berkeley, USA, 1987.
- [6] U. E. Dorka, D. Heiland, Fast online earthquake simulation using a novel PC supported measurement and control concept, in: *Prec. 4th Int. Conf. Structural Dynamics*, Southampton UK, 1991, pp. 536-645.

REAL-TIME SUB-STRUCTURE DYNAMIC TESTING METHOD APPLYING SEISMIC SHAKING TABLE

Abstract: The permanent development of advanced and complex structural systems in the field of earthquake engineering, aeronautics, advanced mechanical engineering, robotics, automotive industry and alike exposed to dynamic excitations is primarily based on realization of specific and complex dynamic experimental tests. In many cases, testing of the dynamic behaviour of a certain critical segment of the structure (a sub-structure) is of special concern. This paper deals with the main theoretical-experimental procedure of the new experimental method based on the sub-structure concept that can successfully be applied in realization of complex dynamic structure tests in real time. The mentioned concept enables realization of successful large scale model tests with a significant reduction of test cost because the main model structure is simulated analytically and only considered sub-structure is tested on seismic shaking table.

Keywords: *Dynamic sub-structure testing, shaking table tests, real-time testing*

VORTEX-INDUCED ACROSS-WIND VIBRATIONS OF BRIDGE TIE RODS

Joerg Sahlmen¹,
Maheshwar Reddy Eddula²

UDK: 624.01:534

Summary: Structures such as tall buildings, chimneys, towers, stacks and bridge tie rods are subjected to vortex-shedding-induced vibrations. If these structures exposed to a vortex excitation, the situation is particularly difficult since the vortex shedding force varies in frequency and magnitude along the length of the structure, causing the response at any point to be amplitude-modulated in space and time. The wind-excited vibrations induce fluctuating stresses that lead to fatigue damage accumulation and may determine structural failure without exceeding ultimate strength. Unfortunately, the growing importance of this well discussed problem is coupled with an evident lack of simple calculation criteria. In the frame of this paper a prediction for the maximum displacement of a tie rod of an arched steel bridge is done by using Eurocode 1 and ESDU methods. The predicted results are compared with full-scale experiments carried out for an arched steel bridge, situated near Muenster, Germany.

Key words: slender structures, vortex shedding, vortex-induced vibration, tie rod

1. INTRODUCTION

Slender structures in general are often susceptible to across-wind excitation due to vortex shedding and are usually designed for different objectives and are not necessarily designed to meet aerodynamic standards. A recent trend in civil engineering is to build slender and lighter structures, like chimneys, masts, stays, giant broadcasting antennas, etc. which are often flexible, weakly damped and very often sensitive to excitation from vortex shedding, which results in resonant vibrations transverse to the wind flow direction.

For a rigid structure in uniform flow, the frequency of the excitation process linearly depends on the velocity of the oncoming flow. In turbulent flow, however the bandwidth of the excitation is enlarged around the central frequency of the vortex shedding process. For the flexible structures with considerable vibration amplitudes, the vortex shedding frequency is synchronized to the motion of the structure called lock-in phenomenon.

¹ Dipl.-Ing. Joerg Sahlmen, Department of Civil Engineering, Building Aerodynamics Laboratory, Ruhr-University Bochum, D-44780 Bochum, Germany. tel: +49 (0)234 32- 22 473, E-mail: joerg.sahlmen@rub.de

² M.Sc. Maheshwar Reddy Eddula, Department of Civil Engineering., Ruhr- University Bochum, D-44780 Bochum, Germany. tel: +49 (0)179 9247054, E-mail: mreddula@yahoo.com

This complexity is linked to the problem, that the turbulent velocity crosses the critical velocity band (lock-in range) for a certain intervals only, as shown in Fig. 1 [1]. Consequently, several periods of different durations of fully developed resonance vibrations will occur. The maximum resonant amplitudes are significantly varying for different intervals, too. Hence, the number of load of cycles and the maximum amplitudes during the lock-in periods show a stochastic character.

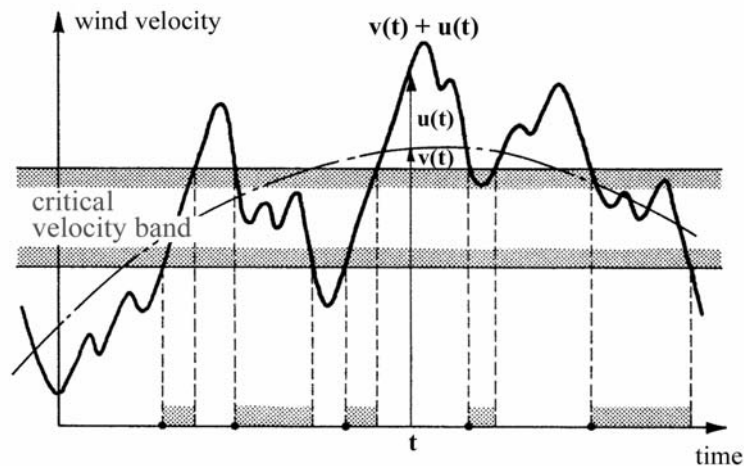


Figure 1. Turbulent wind velocity crossing the critical lock-in range

For a certain velocity range, the frequency of vortex shedding remains constant. In case of resonance, lock-in leads to a monochrome excitation process even in turbulent flows. Finally, the mechanism of 'flow instability' or 'vortex shedding', and 'aero elastic excitation' were given serious consideration. It is necessary to have tools to predict these vortex shedding induced vibrations in particular for the wake flow generated by the circular cylinder and the dynamic behavior of the slender structures under such forcing functions, for example life-time analysis [2].

2. VORTEX SHEDDING FROM A STATIONARY BLUFF BODY

Vortices are shed from one side of a member and then the other. Consequently, the flow separates from the surface and creating a highly turbulent region behind the structure called the wake. The pressure inside the wake region remains low as the flow separates and a net pressure force is produced. As this continues, oscillating surface pressures are imposed on the structure and these oscillating pressures cause elastic structures to vibrate. Actions by vortex shedding may be of significant importance in the design of slender structures that may respond in resonance modes to this cyclic actioning, especially when the damping is low (e.g. bridge tie rods). Fig. 2 shows the vortex-induced forces on cylinder due to vortex shedding.

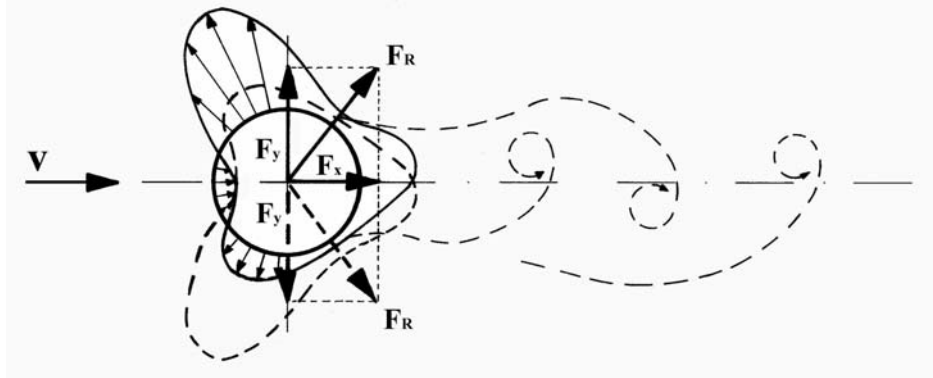


Figure 2. Vortex-induced forces on cylinder due to vortex shedding

Vortex shedding from smooth, circular cylinders with steady subsonic flow is a function of the Reynolds number (Re). The Reynolds number is a parameter used to indicate dynamic similarity. The shedding of vortices generates a periodic variation in the pressure over the surface of the structure. When the frequency of this variation approaches one of the natural frequencies of a structure, vortex-induced vibration can occur. The Strouhal number (St) is a useful tool in evaluating vortex shedding. The Strouhal number can be considered as a dimensionless measure for the vortex shedding frequency. When the body is fixed, the vortex shedding frequency equals the Strouhal frequency. The magnitudes of the vibrations are governed both by the structure's inherent damping characteristics and by the mass ratio between the structure and the fluid it displaces. These two effects are combined in the Scruton number (Sc).

3. PREDICTION OF THE MAXIMUM ACROSS-WIND AMPLITUDE

3.1 Eurocode 1 Model

The used mathematical model in the Eurocode [3] for predicting the vortex-excited vibration has been developed by Ruscheweyh [4] taking into account the increasing correlation length of the exciting force with increasing vibration amplitude, called 'the correlation length model' or 'linear model'. The normalized maximum displacement y_{\max} can be calculated by using the expression:

$$\frac{y_{\max}}{D} = \frac{1}{S_t^2} \times \frac{1}{S_c} \times K \times K_w \times c_{\text{lat}} \quad (1)$$

Where,

St = Strouhal number,

Sc = Scruton number,

K_w = effective correlation length factor,

K = mode shape factor,

c_{lat} = lateral force coefficient,
 D = characteristic diameter.

The susceptibility of vibrations mainly depends on the structural damping and the ratio of structural mass to fluid mass and expressed by the Scruton number Sc . The Scruton number is an indicator for the sensitivity of the structure against vortex induced cross-wind vibrations.

3.2 ESDU Methodology

ESDU (Engineering Sciences Data Unit) 96030 [5] is concerned with the prediction of the oscillation amplitudes induced by vortex shedding from isolated, flexible structures of circular or of polygonal cross section with more than eight sides. It is developed and introduced by Vickery and Basu [6]. The model applies on a spectral analysis to estimate the vortex response of a structure. It takes account of the response to buffeting by across-wind atmospheric turbulence components.

In the cross-wind response of structures of circular cross section, it is assumed that the overall force due to vortex shedding is made up from a fluctuating random force appropriate to a stationary cylinder (essentially no motion) and a force, which is a non-linear function of oscillation amplitude and completely coherent with the motion. For very small amplitudes (less than about $0.01 D$), the motion dependent contribution is negligible. For large amplitudes, motion dependent effects rapidly dominate the overall response as oscillation amplitude increases. ESDU 96030 [5] provides estimates of the r.m.s and maximum amplitudes at the critical wind speed for vortex shedding (the wind speed for maximum response) and also for off-critical wind speeds. The model is taking into account the following parameter:

- Roughness of the vortex generation surface
- The effect of atmospheric turbulence
- Span wise correlation due to end effects
- Effect of mode shape on the excitation force
- Influence of the response amplitude on the excitation force
- Reduction of response as the wind velocity deviates from the critical wind velocity
- Effects of tapered or stepped diameter members
- Prediction of low amplitude broad banded responses

The normalized r.m.s amplitude can be calculated as follows:

$$\left(\frac{\sigma_{yN}}{D} \right)_{ref} = \eta_N = \frac{1}{16\pi^2} \frac{\rho D_{ref}^2}{m_j \zeta_s} \left(\frac{V_{ref}}{n_j D_{ref}} \right)^2 \tilde{C}_{L_j} \quad (2)$$

Where, D_{ref} = characteristic diameter, ρ = fluid density, ζ_s = structural damping parameter, m_j = mode-generalized structural mass, n_j = natural frequency of mode j .

Where, \tilde{C}_{L_j} is the mode-generalized fluctuating force coefficient given by:

$$\tilde{C}_{L_j} = \int_0^H \left(\frac{V_z}{V_{ref}} \right)^2 \mu_j \tilde{C}_L dr \quad (3)$$

Where,

\tilde{C}_L = local r.m.s value of component of fluctuating lift or across-flow,

v_{ref} = reference flow speed,

v_z = flow speed in height (z),

μ_j = mode-shape function,

H = height or length of structure.

Based on the r.m.s amplitude the maximum response y_{max} is calculated by a peak factor which is given for a narrow-band (sinusoidal) response with $g = \sqrt{2} = 1.414$.

3.3 Numerical Prediction

Both the concepts (Eurocode 1 model and ESDU methodology) are used to predict the maximum deflection of lock-in sensitive circular bridge tie rods. The input data corresponding to the properties of a steel arched bridge near Muenster, Germany, which is analyzed in the frame of a lifetime investigation by full-scale experiments. Based on the evaluated data of the field tests [7], the predictions for the maximum across wind vibration of tie rod no. 4 is done with the following input data and the calculated results are shown in Table 1.

1. General:

diameter of tie rod:	$D = 0.11 \text{ m}$
length of tie rod:	$H = 10.4 \text{ m}$
natural frequency of tie rod:	$n_e = 7.88 \text{ Hz}$
logarithmic decrement:	$\delta_s = 0.0005$
tie rod damping ratio:	$\zeta_s = \frac{\delta_s}{2\pi} = 0.00008$
air density:	$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$
equivalent mass per unit length:	$m_e = 74.04 \text{ kg/m}^3$
kinematic viscosity of the air:	$\nu = 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

2. Eurocode 1 [3]:

mode shape factor:	$K = 0.101$
lateral force coefficient:	$c_{lat} = 0.7 \text{ (related to } R_e(v_{crit}))$
strouhal number:	$S_t = 0.18$

3. E-DIN 1055-4 [8]:

effective correlation length factor: $K_w = 0.66$ m

wind profile: $\alpha = 0.16$

long. turbulence length scale: $L_{ux} = 125$ m

turbulence intensity $I_{uH} = 0.15$

4. ESDU 96031 [9]:

surface roughness $\times 1000$ (in m): $\varepsilon \times 10^3 = 0.1$

Table 1: Critical wind velocity, amplitude and displacement values for tie rod no. 4

	V_{crit} [m/s]	$y_{r.m.s}$ [mm]	y_{max} [mm]
EUROCODE 1	4.81 (H = 10.4 m)	*) –	30.80
ESDU	4.77	21.47	30.41

*) Not calculated in the frame of this concept

Table 1 shows that both concepts lead, more or less, to the same prediction of the maximum deflection: y_{max} is calculated to ca. 30 mm.

4. FULL SCALE EXPERIMENTS ON BRIDGE TIE RODS

The full scale experiments on the arched steel bridge at Muenster Hilstrup (Germany) (Fig. 3) were carried out with the aim to improve the vortex-induced vibrations in the background of life-time oriented design.



Figure 3. Bridge over the Dortmund-Ems channel, Muenster Hilstrup, Germany

This experiment is part of the project C5 of the Collaborative Research Centre, Germany (SFB398), and deals with the lifetime-oriented optimization of structures, under the consideration of fatigue and field tests are carried out by Wellmann and published by Galffy et al. [7]. The arched steel bridge is provided with tie rods of different lengths. The length varies up to a maximum height of 11.1m for the tie rod no.5 in the centre position. The tie rods are of circular cross-section with a diameter of 110 mm.

For the comparative study the most important result of the measurements is the information about the maximum deflection of the bridge tie rods. Fig. 4 shows time histories of the oncoming wind velocity measured simultaneously to the deflection amplitudes. Two different test series on rod no. 4 and 5 have been performed. Table 2 shows the final results of both measurements for the r.m.s amplitude and the maximum deflection.

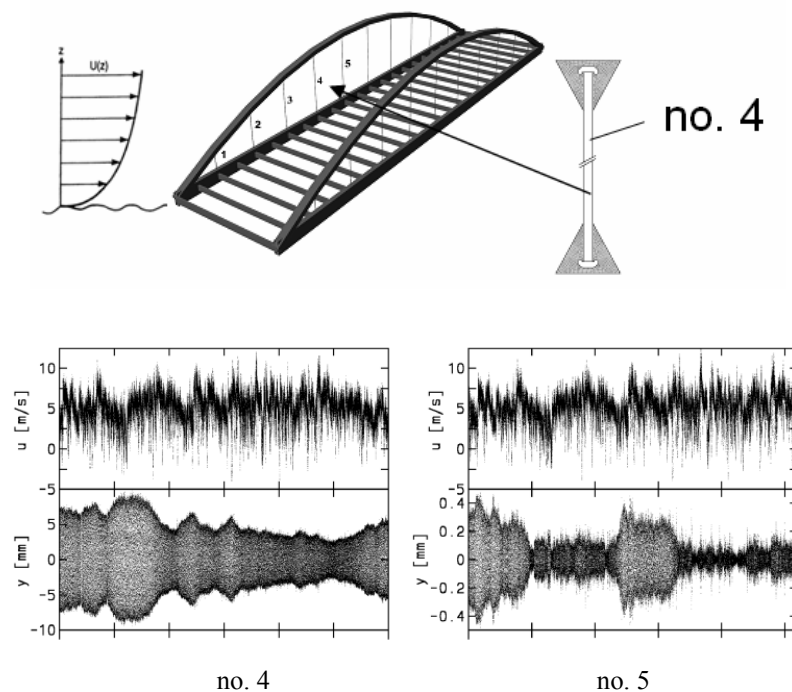


Figure 4. Wind velocity and measured deflection: tie rod type 4 and 5

It can be seen in Table 2 that only the measurements on rod no.4 including time periods with lock-in wind conditions (ca. 40%). For the measurements a maximum deflection of $y_{\max} = 9.0$ mm is observed. In contradiction to that lock-in conditions for tie rod no. 5 could not be found in the frame of the tests. Here the critical wind velocity is lower than the wind speed monitored during the measurements. Consequential, the critical band is not crossed by the oncoming wind flow and hence, lock-in could not be erected.

Table 2. *r.m.s* amplitudes and maximum deflections of tie rods

	TIE ROD NO. 4	TIE ROD NO. 5
V_{crit}	3.94 m/s	3.36 m/s
$y_{r.m.s}$	4.0 mm	0.20 mm
y_{max}	9.0 mm	0.45 mm
Lock-in time	40.0 %	~ 0 %

5. COMPARISON AND CONCLUDING REMARKS

The comparison between the predicted and observed results for Eurocode 1, ESDU and the full-scale experiment are shown for tie rod no. 4 in the Table 3 [10]. A comparison for the measurements at rod no.5 is not reasonable based on the missing lock-in time during the monitoring. Hence, the focus of the comparison is set to tie rod no. 4.

Table 3: *Critical wind velocity, amplitude and displacement values for tie rod no. 4*

	V_{crit} [m/s]	$y_{r.m.s}$ [mm]	y_{max} [mm]
EUROCODE 1	4.81 (H = 10.4 m)	*) -	30.80
ESDU	4.77	21.47	30.41
FIELD TEST	3.94	4.0	9.0

*) not calculated in the frame of this concept

The comparison of the results in Table 3 [10] indicates that both numerical methods are predicting more or less the same maximum deflection of $y_{max} = ca. 30$ mm. The analysis of the time histories of the field test however, yields to a maximum value of $y_{max} = 9.0$ mm. The predicted deflection is more than three times higher than the measured value. Further more, the comparison of the *r.m.s* value (ESDU vs. field test) leads to a factor of five. Both the results - the same prediction of Eurocode 1 and ESDU and the substantial discrepancy between the numerical prediction and the measurement - were not expected before. The study can't be directly associated to the ongoing international discussion, which simulation model for the response of structures due to vortex shedding can be

identified as most reliable and stable, as it was planned. On the one hand the predicted results haven't shown any considerable difference. On the other hand both concepts overestimate the observed maximum deflections by a factor of three. It is still a matter of ongoing investigations to interpret and optimize the ascertained differences. Therefore, further wind tunnel experiments have been initiated for the future.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Dr.-rer. nat. M. Galffy and Dipl.-Ing. A. Wellmann Jelic, Institute for Computational Engineering, Ruhr-University Bochum, Germany, for the fruitful discussions and for providing the measured full scale data. Also, the authors gratefully acknowledge the support provided by Prof. Dr.-Ing. Ruediger Hoeffler, Building Aerodynamics Laboratory, Ruhr-University Bochum, Germany.

REFERENCES

- [1] Ditlevsen, O.: Fatigue model for elastic bars in turbulent wind, Journal of Wind Engineering, Vol. 18, pp. 27-57, 1985.
- [2] Sahlmen, J and Hoeffler, R.: Vortex Excitation of Bridge Hangers, Ruhr-University Bochum, Building Aerodynamics Laboratory, Germany, 2005.
- [3] Eurocode 1: Basis of Design and Action on Structures. Part 2-4: Actions on structures-wind Actions, ENV 1991-2-4, 1995.
- [4] Ruscheweyh, H.: Ein verfeinertes, praxisgerechtes Berechnungsverfahren wirbel-erregter Schwingungen von schlanken Baukonstruktionen im Wind. Beiträge zur Anwendung der Aeroelastik im Bauwesen, H. 20, G.I. Schuëller, Herausg. Innsbruck, 1987.
- [5] ESDU 96030: Response of structures to vortex shedding, Structures of circular or polygonal cross section, Item No. 96030, ESDU International plc, London, 1996.
- [6] Vickery, B. J. & Basu, R.: Across-wind vibrations of structures of circular cross-section, Journal of Wind Engineering, Vol. 12, 1983.
- [7] Galffy, M. & Wellmann, A. & Hartmann, D.: Modeling of vortex-induced across-wind vibrations on bridge tie rods. Proc. 2nd ICLODC, 'Lifetime-Oriented Designs Concepts', Ruhr- University Bochum, Germany, pp 421-429, 2004.
- [8] E-DIN 1055-4: Actions on structures – Part 4: Wind loads, 2005.
- [9] ESDU 96031: Computer programs for response of structures to vortex shedding. Structures of circular or polygonal cross section, Part 1. Microsoft Excel module, Item No. 96031, ESDU International plc, London, 1996.

- [10] Maheshwar Reddy, E.: Vortex-Induced Cross-Wind Vibrations of Circular Slender Structures, Master Thesis, Ruhr- University Bochum, Germany, 2005.
- [11] Tatjana, S.: Experimental analysis of vortex shedding on circular cylinders in uniform und turbulent flow, Master Thesis, Ruhr- University Bochum, Germany, 2005.

VIBRACIJE MOSTOVSKIH ZATEGA KAO POSLEDICA VRTLOGA USLED POPREČNOG DEJSTVA VETRA

Abstrakt: Konstrukcije kao što su visoke zgrade, dimnjaci, tornjevi, skladišta i mostovske zatege su podložne vibracijama koje su posledica odvajanja vrtloga prilikom dejstva vetra. U slučaju kad su ove konstrukcije izložene silama odvajanja vrtloga, situacija je naročito komplikovana, zbog činjenice da ove sile variraju u smislu učestanosti i veličine samih sila po celoj visini konstrukcije, sa mogućnošću da u bilo kom vremenskom periodu izazovu modulaciju amplituda odgovora konstrukcije i pobude u vremenu i prostoru. Vibracije prouzrokovane vetrom izazivaju promenljive napone koji vode do zamora i akumulacije oštećenja i mogu da izazovu lom konstrukcije bez prekoračenja njene granične nosivosti. Na žalost, rastući značaj ovog problema je povezan sa očiglednim nedostatkom jednostavnih proračunskih kriterijuma. U okviru ovog rada prikazan je proračun maksimalnih deformacija mostovske zatege prema Eurokodu 1 i ESDU metodi. Rezultati proračuna su upoređeni sa eksperimentalnim rezultatima na stvarnom modelu čeličnog mosta sa lukom koji je izgrađen nedaleko od Minsteru u Nemačkoj.

Ključne reči: vitke konstrukcije, odvajanje vrtloga, vibracije usled odvajanja vrtloga, zatega

TWO-DIMENSIONAL TWO-PHASE FLOW: FIVE-SPOT EXAMPLE

Todorka Samardzioska¹,
Viktor Popov²

UDK: 532.542/.543

Summary: *Two-dimensional numerical experiments are presented here to demonstrate the accuracy of the proposed Boundary Element Dual Reciprocity Method (BE DRM) model with multi domains for predicting two-phase flow. Emphasis is directed toward understanding the complex flow processes and examination certain physical phenomena of interest in environmental engineering applications, in geohydrology or in oil reservoirs engineering. The influence of numerical grid resolution, temporal discretization and the selection of constitutive relative permeability – saturation and capillary pressure - saturation models on the prediction of long term redistribution for two phase flow in homogeneous and heterogeneous domains was analysed.*

Key words: *two-phase flow, porous medium, five-spot example, boundary elements*

1. INTRODUCTION

Most flow problems, among which reservoir water-oil displacements, expansion, injection, can not be solved with single-phase simulation sufficiently good and require two-phase simulation as compulsory. Numerical tools for two-phase flow are not yet applicable for everyday use, though lot of investigations have been performed, see [1]-[4]. Therefore simulation is often difficult, due to the high nonlinearity of the governing equations. Two-dimensional areal models are most commonly used models in reservoir studies, especially when areal flow patterns dominate reservoir performance, the influence of heterogeneity of the domain is of importance, or generally for studies of entire reservoirs. Objectives can be different: from forecast of oil, gas, water production rates to optimization of well locations, distribution of injection, and estimation of final recovery.

The fractional flow approach is used, or so-called Mc Whorter equation is solved for all numerical examples:

$$D \cdot \nabla^2 S_W = -\phi \cdot \frac{\partial S_W}{\partial t} - q_t \cdot \frac{df_W}{dS_W} \cdot \frac{\partial S_W}{\partial x_i} \quad (1)$$

where: S_α - saturation of the fluid phase α ; ρ_α - density of the fluid phase α ; p_α - pressure head in the fluid phase α ; $k_{r\alpha}$ - relative permeability of the fluid phase α ; μ_α - dynamic viscosity; K - permeability;

¹Mr Todorka Samardzioska, Faculty of Civil Engineering - Skopje, R Macedonia, Partizanski odredi bb; e-mail: samardzioska@gf.ukim.edu.mk.

²Dr Viktor Popov, Wessex Institute of Technology, Ashurst Lodge, SO40 7AA, Southampton, UK; e-mail: viktor@wessex.ac.uk.

$$D = k_{ro} \cdot K \cdot \frac{f_w}{\mu_o} \cdot \frac{dp_c}{dS_w}, \quad (2)$$

and p_c is capillary pressure. The mobility of the fluid phase α is a measure of the easiness with which a fluid will flow at particular saturation, $\lambda_\alpha = k_{r\alpha} / \mu_\alpha$.

This approach is distinctly different comparing to the approaches extended from the original Buckley-Leverett, which involve set of equations with unknown fluid pressures and saturations. The fractional flow approach offers greater computational efficiency, because the two-phase system can be described with one nonlinear advection-diffusion equation only, and because the equation has a dominant hyperbolic part which can be treated with characteristic solution methods.

2. FIVE-SPOT EXAMPLE

The so-called 'five-spot problem' is a two-dimensional test case, classical model problem from petroleum reservoir engineering. In order to exploit an oil reservoir, a large oil field is regarded. Water is pumped into the reservoir through injection wells and it displaces the oil. The model configuration consists of a square in which's corners oil is produced. Water injection happens in the centre of the square. The symmetry of the problem allows for the reduction of the problem to the right upper quadrant of the domain. Injection well is at lower left corner and production well at upper right. Both wells have constant rates $q=q_o$ and $q=-q_o$, respectively.

Square mesh with dimensions 300m x 300m is analysed, see Fig.1. The initial saturation of oil is assumed to be $S_o=1.0$ and initial pressure is $P_o=2 \cdot 10^5$ Pa. Initial saturation through the whole domain is $S_w=0.0$. Residual saturations for the water and the oil are assumed to be $S_{wr}=S_{or}=0.0$. Densities are $\rho_w=\rho_o=1000$ kg/m³ and dynamic viscosities are $\mu_w=\mu_o=0.001$ kg/(ms) for both the fluids. Properties of the rock are: absolute permeability $K=10^{-7}$ m², porosity $\phi=0.2$.

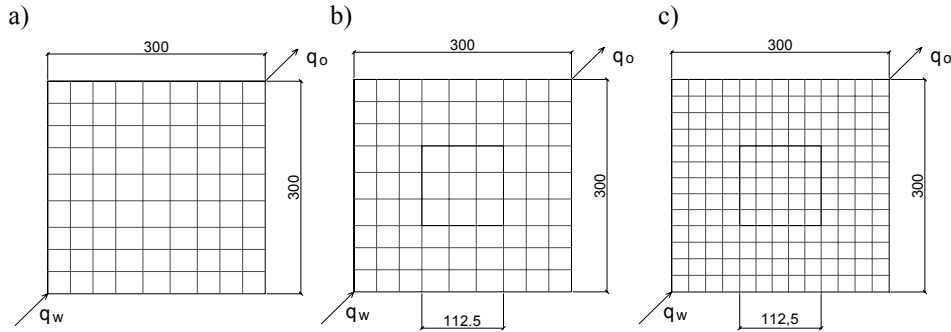


Figure 1. Five-spot example: a) homogeneous domain; b) heterogeneous domain, grid mesh with 9x9 sub-domains; c) grid mesh with 13x13 sub-domains

The Brooks-Corey model was employed for the relative permeability-saturation and capillary pressure-saturation relations:

$$k_{RW} = S_e^4 \quad (3)$$

$$k_{RO} = (1 - S_e)^2 (1 - S_e^2) \quad (4)$$

$$p_{COW} = p_d \cdot S_e^{-1/\lambda} \quad (5)$$

The Boundary Element Dual Reciprocity Method – Multi Domain scheme (BE DRM-MD) has been used for the first time to solve a two-phase flow model. DRM-MD scheme has been implemented in a code which offers high flexibility in mesh generation. For more details on the BE DRM see [5], [6].

The spatially discretized version of the equation (1) is solved for the increments in iteration for water saturation, see [7]. Nonlinear coefficients such as the permeabilities, mobilities and fractional flow are represented using piecewise linear interpolation of their respective nodal values at each iteration. At each iteration step the saturation increments are used to update the saturation of each phase, which are subsequently used to update all nonlinear coefficients. The system is then updated and solved, and the process repeated until the convergence is attained.

The example is solved with Neuman boundary condition zero flux, $q=0$, on all four sides. The correct choice of boundary conditions is very important for these kind of problems. It was shown in the literature that, if the distribution of the injection rate along the boundary are strongly curved or only piecewise continuously differentiable, the oscillations in the infiltrating saturation occur, as a result of the not enough smooth distribution of the boundary fluxes. *Helmig* [1] has suggested distribution of the injection rate not on the corner nodes only, but on the neighbouring boundary nodes as well.

Two cases are considered:

- 1) homogeneous domain,
- 2) heterogeneous domain

2.1 Homogeneous domain

Applying all the abovementioned properties and conditions, the homogeneous domain is solved using grid mesh with 9×9 sub-domains, see Fig.1a), and the distribution of the water saturation is presented in the Fig. 2.

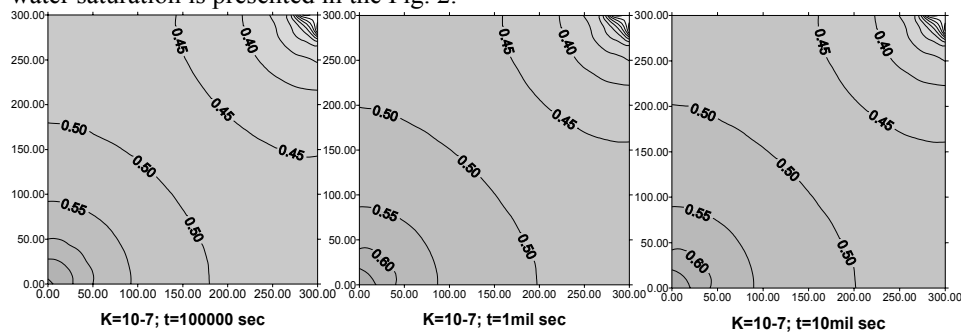


Figure 2. Homogeneous five-spot example; mobility ratio $M=1$

It can be seen that the numerical five-spot experiment exhibits a very distinct front traversing the domain. Naturally, the modeller on the one hand wants to achieve stable results, while on the other the numerical results should not be smeared too much. *Todd et al.* [4] performed some numerical experiments using various upstream weighting techniques. In their experiments, the saturation distribution for a 9×9 grid (with single and two point approximation) was obviously diamond shaped and fallacious cusps are evident even for a grid mesh of 19×19 , though predicted displacement fronts became more circular. In spite of that, here, with this model, the picture is more realistic and alike the natural scenario. At earlier time the flow is almost radial and the dispersion is equal in all directions out from the injection well.

As a grid dependency test, one finer mesh of 13x13 sub-domains is analyzed, see Fig. 1c). The residual saturations for this case were: $S_{wr}=0.2$ and $S_{or}=0.15$. Initial pressure is $P_o=10^4$ Pa. Initial saturation through the whole domain is $S_w=0.2$.

The results of the simulations for both grid meshes along the diagonal of the domain are presented in Figure 3. Even the coarse grid simulation produces a useable solution, though the results on the finer grids are considerably better. It is oscillation free and shows a good mass balance. The reproduction of the front steepness is considerably better on the finer grid.

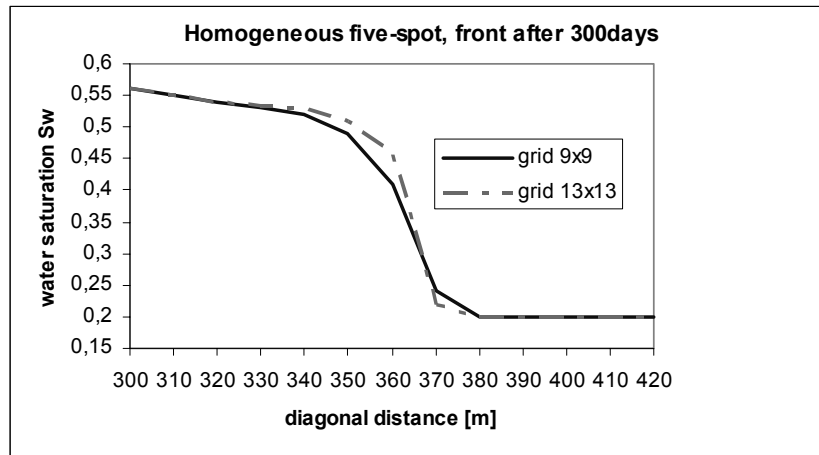


Figure 3. Diagonal cut of homogeneous five-spot example; comparison between the fronts simulated with two different mesh grids

2.2 Heterogeneous domain

If the permeability is not homogeneous throughout the domain, the front develops a complex shape. The heterogeneous permeability distribution shown in Figure 1c) was used for the experiment. In the centre of the domain a zone of 112.5m x 112.5m with low permeability is assumed to be ($K_2=10^{-10}m^2$), three orders of magnitude less than in zone 1 ($K_1=10^{-7}m^2$).

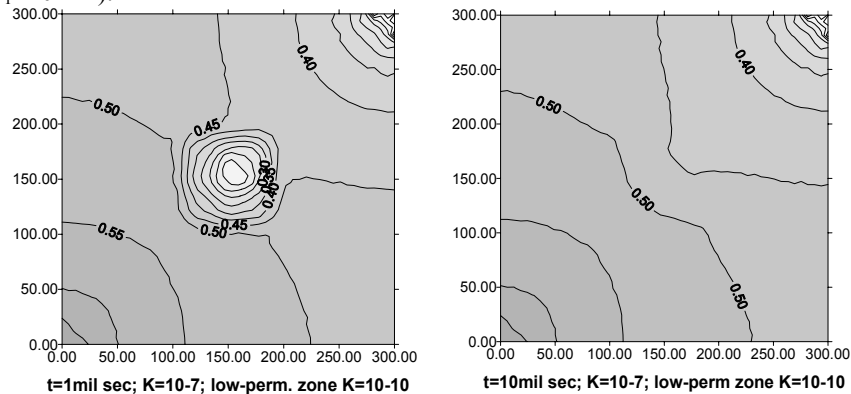


Figure 4. Heterogeneous five-spot example; mobility ratio $M=1$

The location of the low-permeable region is accurately positioned, clearly visible and is not smeared out between the wells, as it can be noticed in Fig. 4.

This experiment refutes *Langlo & Espedal* [3], who quoted that: ‘...modelling heterogeneous domain (with finite element model) is computing intensive, if not impossible. For instance, the model of *Damsleth* required 1-2 million permeability blocks... A high-resolution solution can only reflect one out of many probable flow patterns...’

2.3 The influence of the mobility ratio

The mobility ratio M is ratio between the mobility of the displacing phase and mobility of the displaced one, $M=\lambda_w/\lambda_o$. According the value of the mobility ratio, the way of flow can be defined. When $M>1$, there is a tendency for the displacing phase to channel, or finger, and to bypass oil even in homogeneous sands. This phenomenon, known as viscous fingering, occurs because after the formation of the channel, the remaining displacing fluid tends to follow the path of least resistance.

The mobility ratio M is important for the traverse of the flow. Previous examples were with mobility ratio equal to unity, $M=1$. Here, the homogeneous and heterogeneous domains were analyzed with viscosity of the oil $\mu_o=0.01$ kg/(ms), or ten times bigger than in the previous examples. The results are shown in Fig. 5. The flow in the Fig. 5 exhibits considerably slower development in comparison to the flow in the Fig.2. Similar behaviour can be concluded comparing the flows in Fig. 6 and Fig. 4.

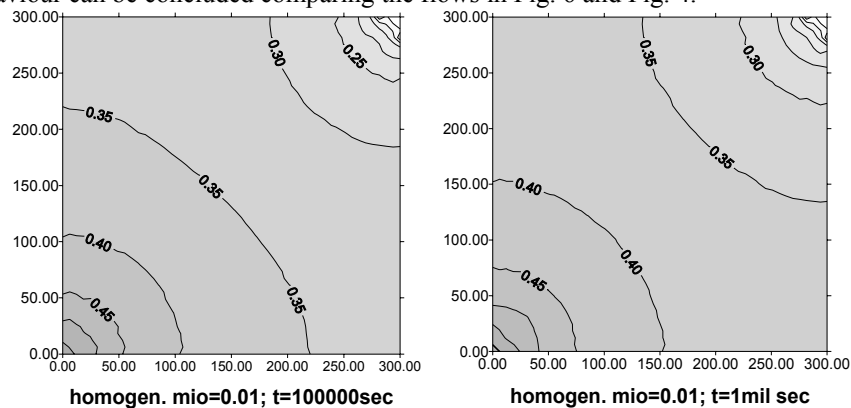


Figure 5. Homogeneous five-spot example; mobility ratio $M=10$

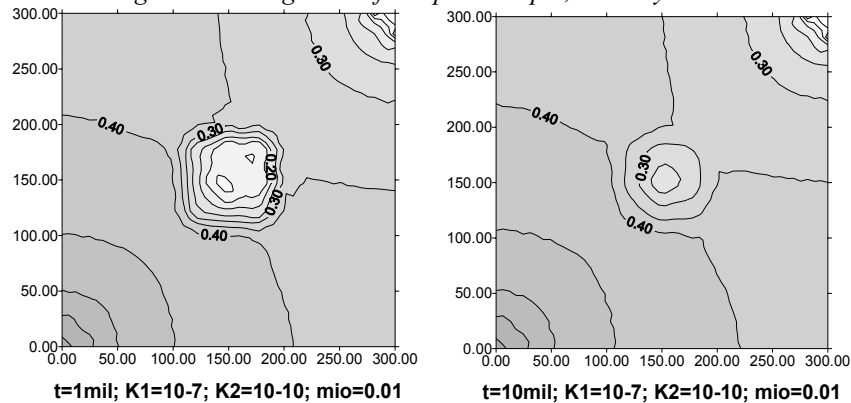


Figure 6. Heterogeneous five-spot example; mobility ratio $M=10$

From the comparison of the figures, it is obvious that models with a high mobility ratio give less smoother iso-lines. This is due to the stronger coupling between the pressure-velocity and the saturation equation, and due to the fluctuations in the permeability. Small-scale heterogeneities in permeability cause the flow to develop channels, or fingers, in the literature termed as heterogeneous fingers, which is rather dispersive behaviour.

3. CONCLUSIONS

The Boundary Element Dual Reciprocity Method with Multi Domains (BE DRM-MD) scheme, used for the first time for solving two-phase flow, showed satisfactory accuracy and high level of efficiency, flexibility and straightforwardness in the implementation. The scheme performs very well for non-homogeneous domains, even when there are great differences between the permeabilities within them. Areas with different permeability and porosity can be treated and identified in numerical simulation. From the examples, it is obvious that areal models used here provide sufficient definition, unless better definition near wells is needed. They are able to capture large-scale permeability structures, incorporating the variability of the permeability field.

REFERENCES

- [1] Helmig R., 'Multiphase Flow and Transport Processes in the Subsurface: A Contribution to the Modelling of Hydrosystems', Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1997.
- [2] Kearsley A.J., Cowsar L.C., Glowinski R., Wheeler M.F. & Yotov I., 'New Optimization Approach to Multiphase Flow', Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 111 (3), pp.473-488, December 2001.
- [3] Langlo P. & Espedal M. S., 'Macrodispersion for two-phase, immiscible flow in porous media', Advances in Water Resources, Vol. 17, pp.297-316, 1994.
- [4] Todd M. R., O'Dell P. M., Hirasaki G. J., 'Methods for Increased Accuracy in Numerical Reservoir Simulators', Society of Petroleum Engineers Journal, December 1972, pp 515-530.
- [5] Brebbia C.A., The boundary element method for engineers, Pentech Press Limited, Plymouth London UK, 1978.
- [6] Brebbia C.A., Telles J.C.F. and Wrobel L.C., Boundary Element Techniques, Springer-Verlag, Berlin, 1984.
- [7] T. Samardzioska, V. Popov, "BE DRM-MD for two-phase flow through porous media", Boundary Elements XXVIII, WIT Press Southampton and Boston, 2006.

DVODIMENZIONALNI DVOFAZNI TOK: 'FIVE-SPOT' PRIMER

Rezime: Prikazani su dvodimenzionalni numericki eksperimenti koji demonstriraju egzaktnosi predlozenog modela za prognozu dvofaznog toka, u koji je implementiran Metod Rubnih Elemenata sa multi domenima. Analiziran je uticaj vremenske i prostorne diskretizacije, izbor konstitutivnih relacija za permeabilnost-vodosasicenost i kapilarni pritisak-vodosasicenost na distribuciju dvofaznog toka u homogenim i heterogenim domenima.

Ključne reči: dvo-fazni tok, porozna sredina, five-spot primer, rubni elementi

ANALIZA OKVIRA SA POLUKRUTIM VEZAMA PRI DEJSTVU ZEMLJOTRESA

Miodrag Sekulović¹,
Marija Nefovska-Danilović²

UDK:624.078.6
624.042.7

Rezime: U ovom radu prikazano je ponašanje čeličnih okvira sa fleksibilnim vezama pri dejstvu zemljotresa. Pored nelinearnog ponašanja čvornih veza i geometrijske nelinearnosti strukture, razmatra se i pojava tečenja materijala. Polukrute čvorne veze predstavljene su pomoću nelinearnih rotacionih opruga na krajevima grednih elemenata, i vezane su paralelno sa viskoznim prigušivačima. Za simulaciju plastičnog tečenja materijala primenjena je Metoda plastičnih zglobova. Plastični zglobovi, koji se mogu formirati na krajevima grednih elemenata i u bazi stubova predstavljani su takođe pomoću rotacionih opruga promenljive krutosti, koje su sa oprugama polukrutih čvornih veza vezane redno. Pored konvencionalne analize dinamičkog odgovora, primenjena je i analiza energetskog odgovora sistema i uspostavljena korelacija između odgovarajućih parametara i rezultata ove dve analize. Numerička analiza sprovedena je na primeru sedmospratnog okvira izloženog dejstvu različitih intenziteta zemljotresa El-Centro.

Ključne reči: čelični okvir, polukrute veze, plastični zglob, energetski odgovor

1. UVOD

Konvencionalne analize i proračuni čeličnih konstrukcija zasnivaju se na pretpostavci o idealnim čvornim vezama: idealno krutim i zglobnim. Brojna eksperimentalna ispitivanja [1-2] su pokazala da su skoro sve čvorne veze manje ili više polukrute. Dinamički odgovor okvira sa polukrutim vezama može se u velikoj meri razlikovati od odgovora okvira sa krutim vezama, što je naročito izraženo pri dejstvu zemljotresa velikog intenziteta. U tom slučaju konvencionalne metode proračuna koje podrazumevaju idealne čvorne veze su neadekvatne i ne mogu prikazati realno ponašanje čeličnih okvira.

Čelični okviri pri dejstvu zemljotresa ispoljavaju nelinearno ponašanje. Linearno ponašanje može nastati u slučaju zemljotresa malih intenziteta. Osnovni izvori nelinearnosti su fleksibilne čvorne veze, tečenje materijala i geometrijska nelinearnost strukture i njenih elemenata. Ovi vidovi nelinearnosti su spregnuti, pa je pri dinamičkoj analizi potrebno uzeti u obzir njihovo kombinovano dejstvo na dinamički odgovor sistema. Fleksibilne čvorne veze i tečenje materijala koncentrisani su na krajevima

¹ Prof. Dr Miodrag Sekulovic, dipl inž građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73, tel. 011/3218-552, e-mail: sekulovic@grf.bg.ac.yu

² Mr Marija Nefovska-Danilović, dipl inž građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73, tel. 011/3218-581, e-mail: marija@grf.bg.ac.yu

grednih elemenata, dok je geometrijska nelinearnost rezultat kombinovanog dejstva spoljnog opterećenja i deformisane konfiguracije okvira.

U ovom radu je pored klasičnog, dinamičkog odgovora sistema, koji je analiziran u prethodim radovima autora [3-5], prikazan i energetski odgovor sistema, na osnovu kog se može uspostaviti korelacija između dela inputne seizmičke energije, koji se disipira kroz histerezisno nelinearno ponašanje, i stepena oštećenja elemenata okvira.

2. ENERGETSKI ODGOVOR SISTEMA

Jednačine energetskog odgovora sistema dobijaju se integracijom jednačina kretanja i mogu se prikazati u obliku:

$$E_k(t) + E_e(t) + E_D(t) + E_H(t) = E_I(t), \quad (1)$$

gde su:

$$E_k(t) = \int_0^u \mathbf{M} \dot{\mathbf{u}} \mathbf{d}\mathbf{u} = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{u}}^T \mathbf{M} \dot{\mathbf{u}}, \quad (2)$$

$$E_e(t) = \frac{1}{2} \mathbf{u}_e^T \mathbf{K}_o \mathbf{u}_e, \quad (3)$$

$$E_D(t) = \int_0^u \mathbf{C} \dot{\mathbf{u}} \mathbf{d}\mathbf{u} = \int_0^t \dot{\mathbf{u}}^T \mathbf{C} \dot{\mathbf{u}} dt, \quad (4)$$

$$E_H(t) = \int_0^u \mathbf{K} \mathbf{u} \mathbf{d}\mathbf{u} - E_e(t) = \int_0^t \dot{\mathbf{u}}^T \mathbf{K} \mathbf{u} dt - E_e(t), \quad (5)$$

$$E_I(t) = - \int_0^u \mathbf{M} \mathbf{L} \ddot{\mathbf{u}}_g \mathbf{d}\mathbf{u} = - \int_0^t \dot{\mathbf{u}}^T \mathbf{M} \mathbf{L} \ddot{\mathbf{u}}_g dt, \quad (6)$$

dok su $E_k(t)$ kinetička energija, $E_e(t)$ elastična deformaciona energija, $E_D(t)$ energija viskoznog prigušenja, $E_H(t)$ energija histerezisnog prigušenja, $E_I(t)$ seizmička inputna energija; \mathbf{M} , \mathbf{C} , \mathbf{K} matrice masa, prigušenja i krutosti sistema, $\ddot{\mathbf{u}}(t)$, $\dot{\mathbf{u}}(t)$, $\mathbf{u}(t)$ vektor ubrzanja, brzine i pomeranja respektivno, $\ddot{u}_g(t)$ ubrzanje tla, \mathbf{K}_o elastična matrica krutosti, \mathbf{u}_e vektor elastičnih pomeranja, \mathbf{L} jedinični vektor.

Za razliku od kinetičke energije i elastične deformacione energije, koje su trenutne veličine i zavise od vrednosti relativnih brzina i elastičnih relativnih deformacija, respektivno, energija viskoznog i histerezisnog prigušenja su kumulativne veličine i monotono rastuće funkcije vremena. Energija histerezisnog prigušenja može se napisati u obliku:

$$E_H(t) = E_{Hc}(t) + E_{Hp}(t) = \sum_{i=1}^{nc} \left(\int_0^t M_i \dot{\theta}_{ci} dt \right) + \sum_{i=1}^{np} \left(\int_0^t M_i \dot{\theta}_{pi} dt \right) \quad (7)$$

gde je E_{Hc} energija histerezisnog prigušenja koja je posledica nelinearnih čvornih veza, E_{Hp} energija histerezisnog prigušenja koja je posledica plastičnog tečenja, $\dot{\theta}_{ci}$ i $\dot{\theta}_{pi}$

brzine rotacije usled fleksibilnih veza i plastičnog tečenja, respektivno, M_i moment savijanja, nc i np broj nelinearnih čvornih veza i plastičnih zglobova. Kapacitet i način preraspodele disipativne energije, naročito energije histerezisnog prigušenja imaju veliki

značaj za optimalno projektovanje seimički otpornih konstrukcija u skladu sa savremenim kriterijumima projektovanja duktilnih konstrukcija.

3. KONSTITUTIVNE VEZE

Veza između momenta savijanja i rotacije polukrute čvorne veze modelirana je triparametarskim Richard-Abbot-ovim modelom [6]:

$$M = \frac{k_o \theta}{[1 + (\theta / \theta_o)^n]^{1/n}}, \quad (8)$$

gde je k_o početna krutost veze, n parametar $M-\theta$ krive, $\theta_o = M_u / k_o$ referentna rotacija i M_u moment nosivosti veze.

Pri dejstvu cikličnog opterećenja za modeliranje nelinearnog ponašanja polukrutih čvornih veza usvojen je model sa nezavisnim ojačanjem, [4]. Skeletna kriva u ovom modelu dobijena je na osnovu triparametarskog Richard-Abbot-ovog modela.

Tečenje materijala uzeto je u obzir formiranjem plastičnih zglobova na krajevima grednog elementa, dok sam element ostaje u domenu linearno elastičnog ponašanja. Usvojen je model sa postepenom plastifikacijom preseka [7], pri čemu se pretpostavlja da rebro poprečnog preseka prihvata aksijalnu silu, dok se preostali deo preseka suprotstavlja momentu savijanja. Uzimajući u obzir uticaj rezidualnih napona, moment na granici tečenja dat je izrazom:

$$M_{yr} = \left(\sigma_y - \sigma_r - \frac{N}{A} \right) W_y, \quad (9)$$

gde je N aksijalna sila, σ_y napon na granici tečenja, σ_r maksimalna vrednost rezidualnog napona, A površina poprečnog preseka i W_y otporni moment preseka.

Iz uslova ravnoteže preseka pri potpunoj plastifikaciji preseka, dobija se izraz za redukovani moment plastičnosti preseka usled prisustva aksijalne sile. Na osnovu toga može se konstruisati interakcioni dijagram $M - N$, koji je prikazan na Slici 1.

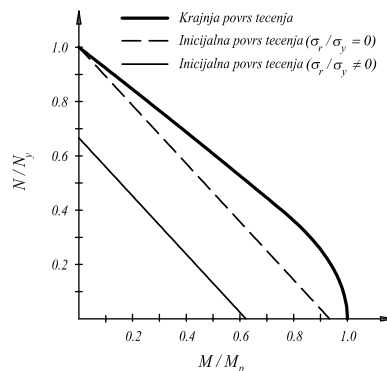
Krutost rotacione opruge, kojom je predstavljena postepena plastifikacija krajnjih preseka grednog elementa data je izrazom, [7]:

$$k_p = \frac{6EI}{l} \frac{|M_{pr} - M|}{|M - M_{yr}|}, \text{ za } M_{yr} \leq M \leq M_{pr} \quad (10)$$

gde je EI fleksiona krutost elementa, l dužina elementa, M_{yr} redukovani moment na granici tečenja usled prisustva rezidualnih napona i M_{pr} redukovani moment plastičnosti preseka usled prisustva aksijalne sile. Krutost opruge se kreće u intervalu $0 < k_p < \infty$. Ove dve vrednosti predstavljaju dva granična stanja poprečnog preseka: elastično ($k_p = \infty$) i plastično ($k_p = 0$).

4. KONAČNI ELEMENAT

Na Slici 2a. prikazan je gredni konačni elemenat sa ekscentričnim fleksibilnim vezama i viskoznim prigušivačima. Fleksibilnost čvornih veza predstavljena je pomoću nelinearnih rotacionih opruga, tako što je u obzir uzet samo uticaj momenata savijanja na deformaciju čvornih veza, a zanemaren uticaj aksijalnih i smičućih sila.



Slika 1. Normalizovani dijagram $M - N$

Matrice krutosti, prigušenja i masa konačnog elementa date su u Ref. [4]. Na Slici 2b. prikazane su opruge krutosti k_c i k_p koje predstavljaju fleksibilnost veza i plastično tečenje, od kojih formira rezultujuća opruga krutosti k_{cp} :

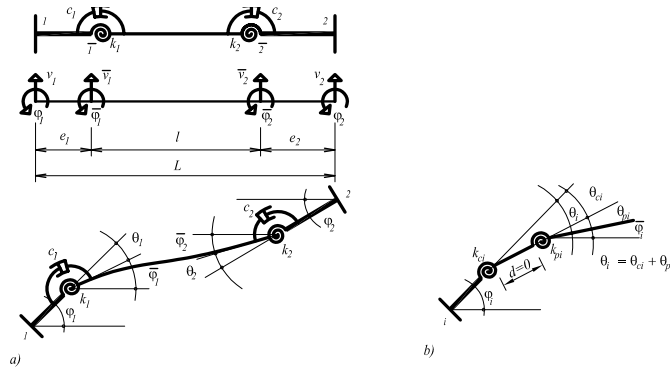
$$\frac{1}{k_{cp}} = \frac{1}{k_c} + \frac{1}{k_p}. \quad (11)$$

Kada se u konačnom elementu na Slici 4a. krutosti opruga k_c zamene sa k_{cp} , dobija se konačni elemenat štapa u kome je pored fleksibilnosti i viskoznosti veza uključeno i plastično tečenje na krajevima štapa. Na taj način, primena numeričkog modela proširena je iz domena elastične i u domen plastične analize.

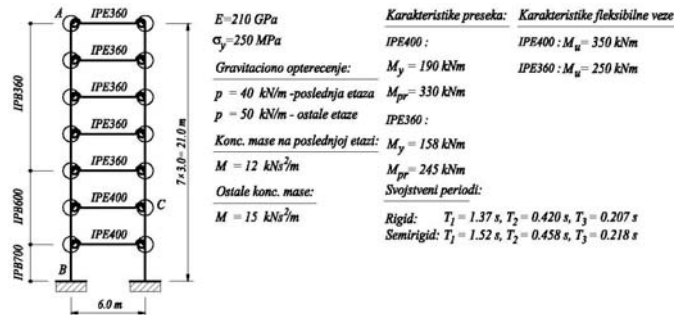
5. PRIMER

Na Slici 3. prikazan je sedmospratni okvir sa fleksibilnim čvornim vezama tipa TSDWA (Top and Seat angle with Double Web Angle), [7]. Parametri veze su izabrani tako da je moguće aktivirati kombinovano dejstvo fleksibilnih veza i plastičnih zglobova. Okvir je izložen dejstvu prvih 10 sekundi zemljotresa El Centro, sa različitim vrednostima maksimalnog ubrzanja tla, od 0.25g do 0.75g. Poređenja radi, analiziran je i odgovarajući okvir sa idealno krutim vezama. U oba slučaja usvojeno je viskozno prigušenje preko matrice prigušenja koja je proporcionalna matrici masa i matrici krutosti okvira, pri čemu koeficijent relativnog prigušenja iznosi $\zeta=0.03$. Efekti teorije drugog reda i rezidualnih napona su takođe uzeti u obzir.

U Tabeli 1. date su vrednosti maksimalnog pomeranja vrha rama, kao i momenti savijanja na krajevima greda i u uklještenju stubova. U ovom slučaju pomeranja okvira sa fleksibilnim i sa krutim vezama su slična, ali su njihovi energetski odgovori različiti. Čak i pri dejstvu zemljotresa malog intenziteta (0.25g) dolazi do pojave plastifikacije krajeva greda okvira sa krutim vezama, dok kod okvira sa polukrutim vezama počinje plastifikacija grede na drugoj etaži. Pri intenzitetu zemljotresa srednjeg intenziteta (0.5g) došlo je do plastifikacije krajeva greda na svim etažama, a kod okvira sa polukrutim vezama delimično su plastifikovani krjevi greda od 2. do 7. etaže, dok su momenti grede na prvoj etaži još uvek manji od momenta na granici tečenja. Tek pri zemljotresima velikog intenziteta (0.75g) dolazi do značajnije plastifikacije greda okvira sa polukrutim vezama. U Tabeli 2. date su vrednosti komponenta energija sistema nakon prvih 10 s dejstva zemljotresa.



Slika 2. Gredni konačni element



Slika 3. Sedmospratni okvir

Tabela 1. Maksimalno pomeranje vrha okvira i momenti savijanja greda

\ddot{u}_g	Tip veze	u_{max} (cm)	Moment uklještenja (kNm)	Max. Momenti na krajevima greda						
				M_1 (kNm)	M_2 (kNm)	M_3 (kNm)	M_4 (kNm)	M_5 (kNm)	M_6 (kNm)	M_7 (kNm)
0.25g	K	11.4	885.1	170.8	272.2	220.0	225.9	215.8	207.0	172.2
	PK	11.0	808.8	120.2	206.4	162.1	151.2	159.6	153.3	130.0
0.5g	K	26.1	1440.2	254.9	308.3	242.9	243.4	243.4	242.6	241.6
	PK	25.8	1453.0	186.3	266.0	207.9	219.5	211.3	213.3	198.8
0.75g	K	49.0	1907.7	304.3	309.4	243.3	243.4	243.4	243.4	243.4
	PK	48.8	1818.3	243.6	296.7	227.6	232.1	236.0	234.2	228.1

Može se zaključiti da okvir sa polukrutim vezama absorbuje veliki deo inputne energije kroz nelinearno ponašanje polukrutih veza i veoma mali deo kroz plastično tečenje, čak i pri dejstvu zemljotresa većeg intenziteta. Zbog toga je eventualno oštećenje grednih elemenata gotovo zanemarljivo. Sa druge strane, okvir sa krutim vezama absorbuje veliki deo inputne energije kroz plastično tečenje krajeva grednih elemenata, što izaziva oštećenja grednih elemenata.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu teoretskih razmatranja i rezultata analize sedmospratnog okvira očigledno je da fleksibilnost čvornih veza i tečenje materijala bitno utiču na ponašanje okvira pri dejstvu zemljotresa. Pravilno projektovani okviri sa polukrutim vezama pri dejstvu

zemljotresa malog intenziteta neće imati oštećenja, a pri dejstvu zemljotresa srednjeg intenziteta imaće veoma mala ili čak nikakva oštećenja grednih elemenata.

Tabela 2. Energetski odgovor okvira nakon 10 s zemljotresa

\ddot{u}_g	Tip veze	t = 10 s							
		E_I	E_K	E_D	E_e	E_{He}	E_{Hp}	E_{He}/E_I	E_{Hp}/E_I
0.25g	K	27.14	3.26	19.14	0.46	0	4.54	0	0.17
	PK	34.94	0.62	18.17	0.43	14.94	0	0.43	0
0.5g	K	127.1	4.18	45.44	.21	0	77.23	0	0.61
	PK	149.4	1.07	48.20	1.35	81.18	6.84	0.54	0.05
0.75g	K	319.1	2.84	79.66	0.24	0	236.4	0	0.74
	PK	355.4	0.21	87.87	5.01	205.14	46.27	0.58	0.13

Oštećenja grednih elemenata bi se pojavila pri dejstvu zemljotresa velikog intenziteta, ali je stepen tih oštećenja znatno manji nego kod odgovarajućeg okvira sa krutim vezama. Zbog toga je u seimički aktivnim zonama upotreba okvira sa polukrutim vezama racionalnije rešenje od okvira sa krutim vezama.

LITERATURA

- [1] Nethercot DA. Steel beam-to-column connections – a review of test data. London: CIRIA, 1985.
- [2] Davission JB, Kirby PA, Nethercot DA. Rotational stiffness characteristics of steel beam-to-column connections. *Journal Constructional Steel Research* 1987; **8**: 17-54.
- [3] Sekulovic M, Salatic R. Nonlinear analysis of frames with flexible connections. *Computers and Structures* 2001; **79**(11): 1097-107.
- [4] Sekulovic M, Salatic R, Nefovska M. Dynamic analysis of steel frames with flexible connections. *Computers and Structures* 2002; **80**: 935-55.
- [5] Sekulovic M, Nefovska-Danilovic M. Static inelastic analysis of steel frames with flexible connections. *Theoret. Appl. Mech.*, 2004; **31**(11): 101-134.
- [6] Richard RM, Abbott BJ. Versatile elastic-plastic stress-strain formula. *Journal of Engineering Mechanics Division*, ASCE 1975; **101**(EM4): 511-15
- [7] Chan SL, Chui PPT. *Nonlinear static and cyclic analysis of steel frames with semi-rigid connections*. Elsevier; 2000.

SEISMIC ANALYSIS OF FRAMES WITH SEMIRIGID CONNECTIONS

Summary: *Dynamic behavior of multistory flexibly connected steel frames under earthquake excitations is studied in this work. Besides nonlinear connection behavior and geometrical nonlinearity of the structure, material yielding has also been taken into account. Both nonlinear flexible connections and plastic hinges at elements ends are idealized by nonlinear rotational springs attached in series. Thus, combined effects of connection flexibility and material yielding on dynamic response of frame structures are taken into consideration. Two types of analysis, traditional time history analysis and energy response analysis are applied. Correlation between corresponding parameters and results of these analyses is established. Transient response of a seven storey steel frame subjected to different intensities of El Centro earthquake motion has been analyzed.*

Key words: steel frame, semirigid connections, plastic hinge, energy response

FINITE ELEMENT MODELING OF FIBER REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

Takeo Taniguchi¹,
Saif Eldeen Ahmed Saif Eldeen Yousef²

UDK: 691.328.4:539.3/.5

Summary: Concrete reinforced with short steel fibers (SFRC) is developed to control cracking and enhance the tensile properties of concrete, then it has been widely used in infrastructures. This research is a numerical study to predict the mechanical properties of SFRC using the finite element method as an alternative instead of the experimental tests. First numerical modeling technique is explained, and using the model the flexural and energy absorption are investigated using different fiber contents. Also, the growth of cracks and damaged elements can be predicted. The results show good agreement with experiment ones.

Key words: Fiber concrete, reinforcement, smeared model, numerical experiment, FEM

1. INTRODUCTION

Concrete reinforced with randomly distributed steel fibers has been used in a variety of important civil engineering applications[1-4], and accurate yet practical analysis tools are needed for predicting the its behavior and damage accumulation. When the loads approach to the failure, cracks propagates sometimes rapidly and fibers in concrete provide means of arresting the crack growth. Consequently, the advantage of use of fibers in concrete appears after matrix cracking, and such type of materials is useful if a large amount of energy absorption capacity is required to prevent failure. In case of steel fiber, fibers help to carry loads, thereby increasing the tensile strength of the material. In spite of previous attempts by Kovacs⁵, Faming Li⁶ and Zhang⁷ modelling the random distribution of fibers is still insufficient. This research provides a numerical mean to model the random distribution of short steel fibers in SFRC and studies the effect of random distribution on the properties. The paper also aims to study the influence of steel fibers to improve the characteristics of structure especially for the tensile strength, ductility and energy absorption.

2. FINITE ELEMENT MODELLING OF SFRC

The randomness of the short fibers distribution in concrete is realized using numerical random numbers. Fig.1 shows the modification of fibers crossing in order to avoid the bad mesh quality. Fig.2 shows an example of the fiber distribution before and after the

¹ Takeo Taniguchi, Graduate School of Environmentl Science, Okayama University, Okayama, Japan, E-mail: taniguti@cc.okayama-u.ac.jp

² Saif Eldeen Ahmed Saif Eldeen Yousef, Graduate School of Natural Science, Okayama University, Okayama, Japan, E-mail: saifdeen@poo.civil.okayama-u.ac.jp

modification. 23 fibers are distributed in $100 \times 200 \text{ mm}^2$ concrete specimen with volume fraction 1%. Geometric subdivision, the Delaunay triangulation, is introduced to construct the mesh model. Fig.3-a shows the mesh model with the least number of nodes. This is the first step to create the mesh and then additional nodes are automatically added for the use of the Delaunay triangulation to create finer mesh in Fig.3-b.

The tension failure of concrete is characterized by a gradual growth of cracks, which join together and eventually disconnect larger parts of the structure. The strength in the tension-loading direction across the crack decreases abruptly after such cracks have formed. However, material parallel to the crack is still capable for carrying stress. Smeared cracking model is used in this study(Fig.4). In the approach, the cracked concrete is assumed to remain a continuum. The process of damage propagation is followed by proper modification of stress-strain relations. The tensile behaviour of concrete is based on the smeared crack approach in which concrete is assumed to remain a continuum. Cracks are smeared over the whole area by reducing the material stiffness (Young's and shear modulus). After cracking has occurred, the cracked concrete becomes an orthotropic material and a new incremental relationship must be derived. The process of damage propagation can be followed by proper modification of stress-

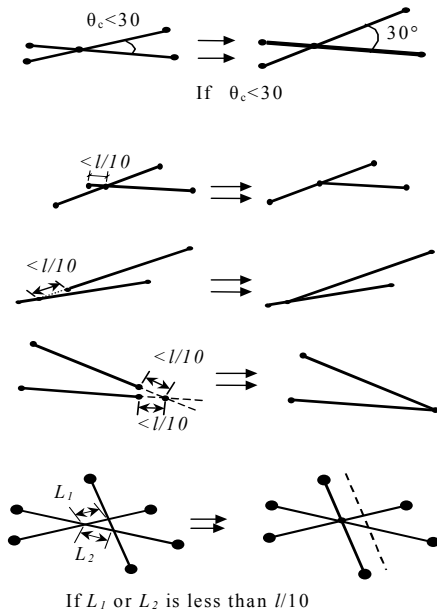
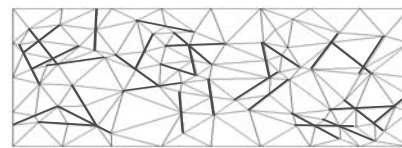


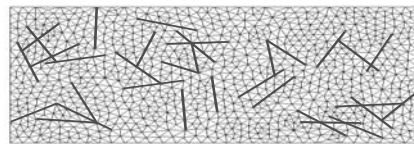
Fig.1 Modification of fibers crossing



Fig.2 Distributions of fibers before and after modification



(a) coarse mesh



(b) fine mesh

Fig.3 coarse and fine mesh model

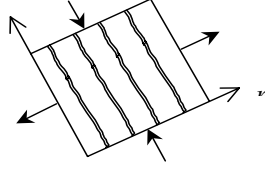


Fig.4 Smeared crack model

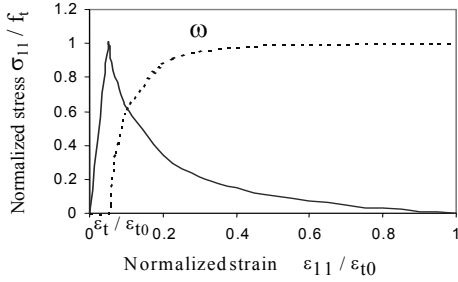


Fig.5 Stress strain relationship and ω -strain relationship of concrete

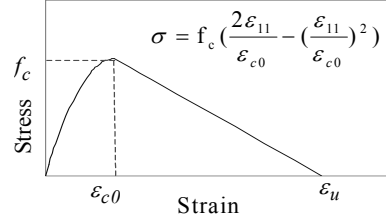


Fig.6 Stress strain relation in compression

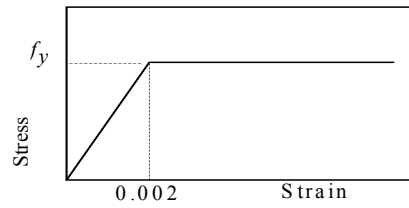


Fig.7 Stress strain curve for steel fibers

strain relations. The Young's modulus E in the direction perpendicular to the cracks direction is reduced to the value of $E(1-\omega)$ which represents the damage of the element, where ω represents the damage factor and $0 \leq \omega \leq 1$. Also, a reduced shear modulus αG is assumed on the cracked plane to account for the aggregate interlocking. The value α is a preselected constant such that $0 \leq \alpha \leq 1$. The stress strain relationship becomes as in Eq(1). There, ω represents the damage of concrete as shown in Fig.5, and its value is calculated from eq. (2) according to the work of J. Bolander[8] and S. Hiranaka[9].

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E(1-\omega)} & -\frac{\nu}{E} & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\alpha G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \tau_{12} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \omega &= 0 & (\varepsilon_1 \leq \varepsilon) \\ \omega &= 1 - \frac{f_t}{E\varepsilon_1} \exp\left[-\frac{k}{\varepsilon_0} (\varepsilon_1 - \varepsilon)\right] & (\varepsilon_1 \geq \varepsilon) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

, where f_t and ε are the maximum elastic stress and strain of concrete respectively. ε_0 is the strain when the element becomes perfectly damaged, and k is an empirical constant to express the strain softening and its average value equals 5. In this study, we use $f_t = 3.1$ MPa, $\varepsilon = f_t/E$ and $\varepsilon_0 = 0.001$.

We assume stress-strain relation of concrete follows on the yield or failure surface before reaching its crushing strain. The nonlinear stress strain behavior of concrete in compression is modeled using two stages as shown in Fig.6. The first stage is before yielding which shows a parabolic relation between stress and strain, and the second stage is after yielding which shows a linear relation. The stress is calculated from eq. (3)

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= f_c \left(\frac{2\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{c0}} - \left(\frac{\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{c0}} \right)^2 \right) & 0 \leq \varepsilon_{11} \leq \varepsilon_{c0} \\ \sigma &= f_c \left(\frac{\varepsilon_u - \varepsilon_{11}}{\varepsilon_u - \varepsilon_{c0}} \right) & \varepsilon_{c0} < \varepsilon_{11} \leq \varepsilon_u \end{aligned} \right\} (3)$$

Steel is assumed to be an elastic-perfectly plastic material and identical in tension and compression. Its Poisson's ratio is 0.3. The behavior in Fig.7 is used in this analysis, where the yielding stress is 370 MPa, the elastic strain is 0.002 (mm/mm), and the Young's modulus is 2000 MPa.

3. NUMERICAL STUDY

A specimen with dimensions 200x100x800 mm with 4-points loading is analyzed with steel fibers 30mm long and 0.6mm diameter. See Fig.8. 25 models are analyzed with same fiber content 1% of volume for same loading conditions. The displacement in the middle of span at failure is used for the comparison. The results show that their variety is in the range $\pm 3\%$. Since the results show the difference for fiber content 2% of volume is in the range $\pm 2\%$, the difference decreases by increasing the volume content of fibers.

Effect of volume content

Models with 1, 2 and 3% fiber volume are used to detect the influence of fibers volume content on the tensile behavior. Fig.9-a shows the fibers don't influence the flexural strength but the mean feature of steel fibers increases the toughness (energy absorption) and enhances the ductility of concrete. Fig.9-b shows steel fibers increases the energy absorption capacity. The increase of fiber content keeps the growth rate of the total energy absorption constant. Every 1% of fiber content increases the energy absorption about 50% of that of plain concrete and increases the max deflection in failure more than 20%. The enhanced behavior of SFRC over its unreinforced counter-parts comes from its improved capacity to absorb energy during fracture.

Growth of cracks

Fig.10 shows the ratio of damaged elements in relation with the deflection at the mid span. The percent of fibers is 1 %. As soon as any element reaches to its max elastic tensile strain cracking occurs and the structure enters in elasto-plastic stage. The element with $\omega=1$ is damaged one. The figure shows damaged elements increase linearly according to the deflection at mid span. It means line-form cracks propagate upward while the area around cracks is free of stress. The existence of fiber bridges prevents the spread of crack growth, and consequently the ductility of concrete is improved. The crack pattern for the cracked structure under the peak load is shown in Fig.11.

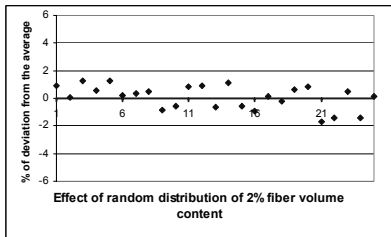
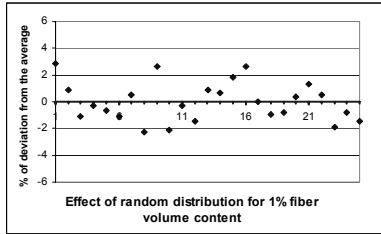


Fig.8 Effect of random distribution

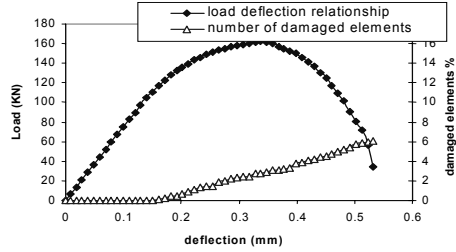


Fig.10 Growth of damaged elements



Fig.11 Crack pattern

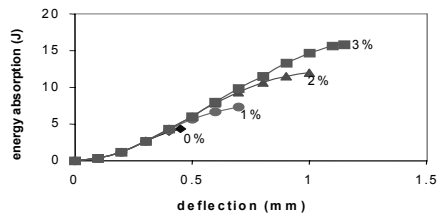
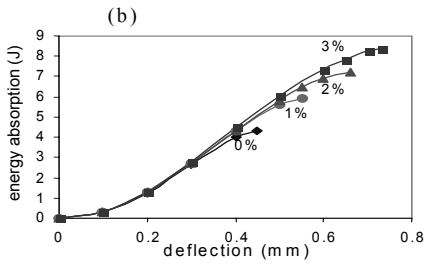
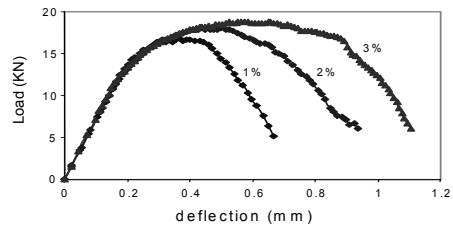
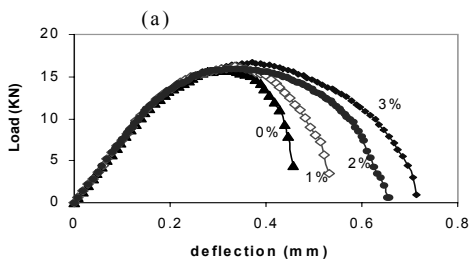


Fig.9 Load & energy-deflection curves

Fig.12 Load & energy-deflection curves

Concrete ductility

The ductility of concrete can be enhanced significantly by increasing the fiber content in the critical areas where the tensile cracks are expected. Fig.12-a shows the result of models with volume contents 1, 2 and 3%, which are distributed in the middle half of the beam, where cracks mainly appear. The ductility increases significantly by the fiber content in the middle half. Fig.12-b shows strengthening the critical parts of the structure

can enhance the energy absorption significantly. Every one percent of fiber content increases the absorption capacity about one time more.

CONCLUSIONS

Numerical experimental method of fiber reinforcement concrete structure is proposed in details, and its applicability was surveyed through numerical tests. Proposed one is still in 2-dimensional but easily extended to 3-dimensional problems. But, for real 3-dimensional numerical experimental approach of fiber-reinforced concrete structures new idea is required for the homogenization of such composite material instead of the modeling technique proposed in this paper.

REFERENCES

- [1] Barros, J.A.O. and Figuerios, J.A., Flexural behavior of SFRC: testing and modelling, *J. of Material in Civil Engineering*, 11-4, 1999, pp.331-339.
- [2] Banthia, N. and Trottier, J.F., Concrete reinforced with deformed steel fibers part II: Toughness characterisation, *ACI Structural Journal*, 92-2, 1995, pp.331-339.
- [3] M.Abo Elwafa: Strengthening and serviceability of concrete utilizing fiber composite materials. Ph.D. thesis, Okayama University, Japan. 2002.
- [4] Wang, Toughness characteristic of synthetic fiber-reinforced cementitious composites, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 21-4 pp521-528, 1998
- [5] Imre Kovacs et al., Modelling of plastic matrix-fiber interaction in fiber reinforced concrete, 2nd Int. PhD Symposium in Civil Engineering 1998 Budapest
- [6] Faming Li, Zongjin Li, Continuum damage mechanics based modelling of fiber reinforced concrete in tension, *Int. journal of solids and structures*, 38, 2001, pp. 777-793.
- [7] J.Zhang. : Modeling of the influence of fibers on creep of fiber reinforced cementitious composite. *J. Composites science and technology* 2003; 63: 1877-1884
- [8] J. Bolander Jr. et al.: 2-D FEM Failure Analysis of T-Shape Reinforced Concrete Bridge Piers under Eccentric Loadings. University of Michigan, CE report, 1992
- [9] S. Hiranaka et al.: Consideration on fracture phenomenon of R.C members by using distributed fracture model. M.Sc thesis, Okayama university, 2002
- [10] Z.P. Bazant, and S. Baweja. Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures. *Materials and Structures* 1995; 28: 357-365

MODELIRANJE MIKROARMIRANIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA METODOM KONAČNIH ELEMENTA

Rezime: Beton armiran kratkim čeličnim vlaknima (SFRC), razvijen u želji da se kontrolišu prslina u betonu i da se poboljša njegova nosivost na zatezanje, je našao široku primenu u praksi. Ovaj rad predstavlja numeričku studiju o predviđanjima mehaničkih karakteristika SFRC-a upotrebom metode konačnih elemenata kao alternative eksperimentalnom istraživanju. U uvodu, pažnja je posvećena numeričkim tehnikama modeliranja, kasnije je uz pomoć numeričkih modela sa različitim količinama vlakana izvršena analiza savijanja i apsorpcije energije. Takođe su data predviđanja propagacije prslina i oštećenja elementa. Rezultati numeričke analize pokazuju dobro slaganje sa rezultatima eksperimenata.

Ključne reči: mikroarmirani beton, model ravnomerno raspoređenih prslina, numerički eksperiment, MKE

DYNAMICS OF STOCHASTICALLY PERTURBATED EXCITABLE SYSTEMS WITH DELAY

Kristina Todorović¹,
Nebojša Vasović²

UDK:534.83

Abstract: Results of an extensive numerical study of the influence of noise on the dynamics of delayed coupled collection of excitable systems is presented. In general, the qualitative properties of the noiseless dynamics are stable under the influence of the noise of a reasonable magnitude. However, there are regions of the coupling and time-lag parameters where the noise of a physically acceptable magnitude does cause qualitative changes of the dynamics. These regions are studied in detail.

Key words: noise, coupling and time-lag parameters, delay

1. INTRODUCTION

We shall consider dynamics of a collection of neurons coupled by synapses that follows after an external impulse that has been administered to one member of the collection. In this paper we shall report mainly the results of our analyzes concerning the case of only two selected neurons, where each is modelled by the two dimensional FitzHugh-Nagumo system[4]. Thus the stochastic delay-differential equations of the model read

$$\begin{aligned} dx_1 &= (-x_1 + (a+1)x_1^3 - ax_1 - y_1 + c(x_1 - x_1^\tau))dt + DdW \\ dy_1 &= (bx_1 - \gamma y_1)dt \\ (1) \quad dx_2 &= (-x_2 + (a+1)x_2^3 - ax_2 - y_2 + c(x_2 - x_2^\tau))dt + DdW \\ dy_2 &= (bx_2 - \gamma y_2)dt \end{aligned}$$

¹ Kristina Todorović, Department of Physics and Mathematics, Faculty of Pharmacy, University of Belgrade, Vojvode Stepe 450, tel: 3970-379, e-mail: kisi@eunet.yu

² Nebojša Vasović, Department of Applied Mathematics, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Džušina 7, tel: 3219-150, e-mail: kisi@eunet.yu

where $x_{1/2}^r(t) = x_{1/2}(t - \tau)$, τ is fixed but arbitrary time-lag, D is the intensity of the noise that should always satisfy $D < c$, and dW is the stochastic increment.

2. STABILITY OF THE EXCITABLE BEHAVIOR

In this section we study the stability of the rest state of the system (1). We chose the value of the internal parameters which correspond to excitable behavior of noninteracting deterministic FitzHugh-Nagumo neuron. The rest state of the pair of delayed interacting deterministic neurons corresponds to coordinates $x_1 = x_2 = y_1 = y_2 = 0$, and can be stable or unstable depending on the values of the coupling parameter c and the time-lag τ . We might expect that relatively small noise should be enough to turn this excitable dynamics into oscillatory dynamics with superimposed small fluctuations. As we shall see, such a crude ansatz gives the estimates of the critical values D which agree remarkably well with numerical calculation. Linear stability analyzes of the rest state for the DDE's (1) without the noise was given in all the details in [1]. The final results are the bifurcation curves in the (c, τ) plane for conveniently fixed but arbitrary values of the parameters a, b and γ , given by the following formulas:

$$\tan(\omega\tau^c) = \frac{\pm \omega(\gamma^2 + \omega^2 - b)}{\pm A\gamma^2 \pm A\omega^2 \mp b\gamma}$$

(2)

$$\omega_{\pm}^2 = (-M \pm \sqrt{M^2 - 4N}) / 2$$

(3)

In the present case we substitute $(x_{10}, y_{10}, x_{20}, y_{20}) = (D, D, D, D)$ resulting in

$$\begin{aligned} M &= A^2 + \gamma^2 - 2b - c^2, \\ N &= A^2\gamma^2 + b^2 - 2Ab\gamma - c^2\gamma^2, \\ A &= -a + c + 2(1+a)D - 3D^2 \end{aligned} \quad (4)$$

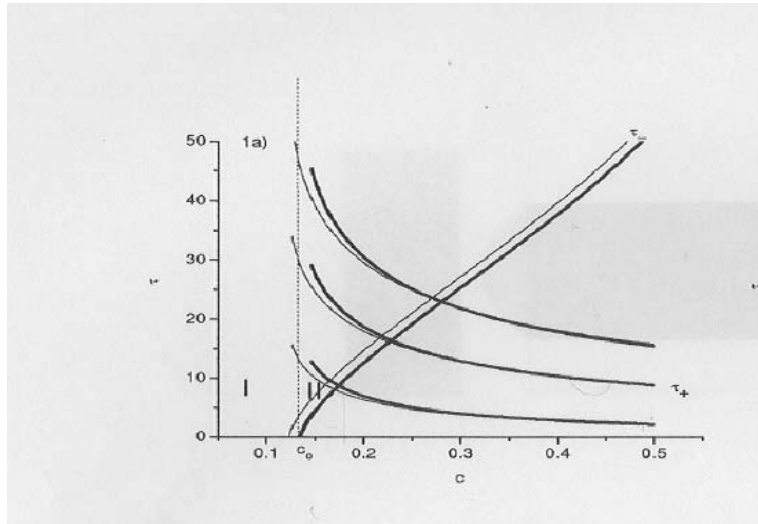


Figure 1a: Figure represents bifurcation curves in (c, τ) plane of the rest state for the system (1) with $a=0.25$, $b=\gamma=0.02$.

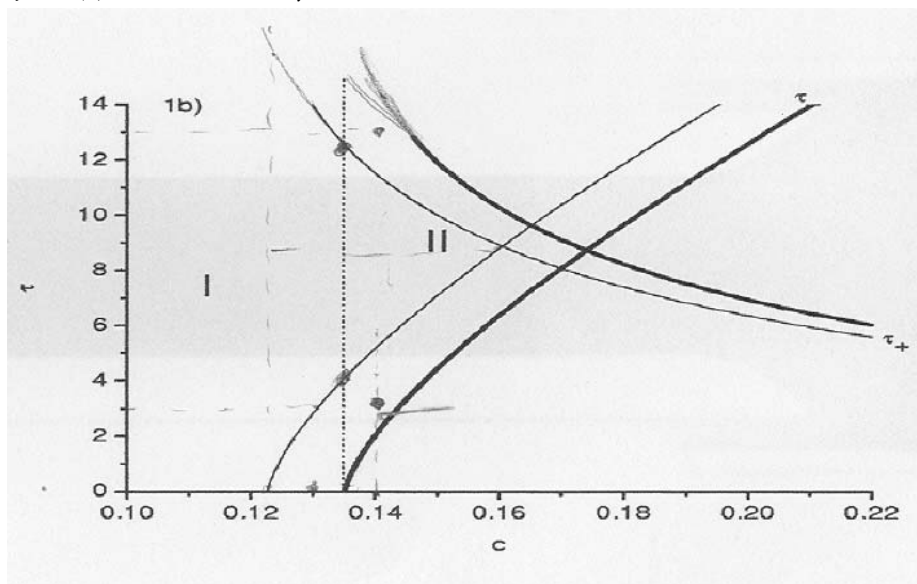


Figure 1b: The interesting area of fig. 1a.

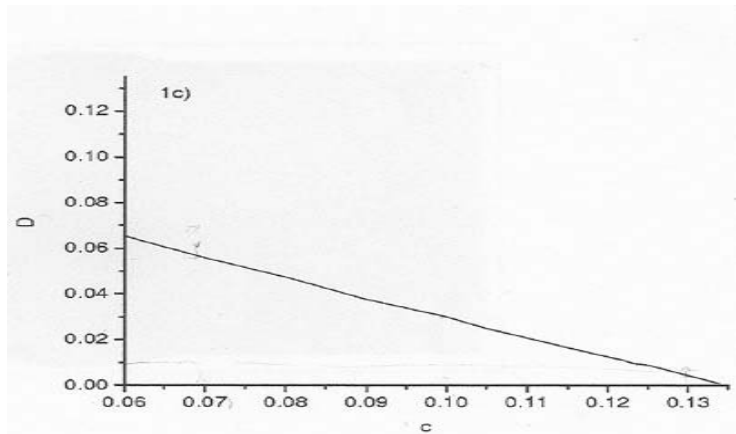


Figure 1c: The critical value of the noise intensity D as a function of the coupling c for $\tau = 0$.

3. SUMARI AND DISCUSSION

We have studied the influence of noise on the stability of the rest state and synchronization properties of delayed coupled excitable systems. The excitable units are modelled by the FitzHugh-Nagumo equations, which provide a typical representative of the type II excitable systems. The studied model includes two important features of real coupled neurons, that is the synaptic delay and the influence of many neurons that are only very weakly coupled to considered neurons, and could be treated as a noisy background. Stability of the rest state is analyzed first. Sufficient, but still small noise can turn fluctuating rest state into relaxation oscillations with superimposed fluctuations. Very simple, although intuitively justified, idea is utilized to modify the standard linear stability analyzes of stationary solutions for the deterministic delay-differential system, in order to provide us with predictions of the critical values of the noise intensity. The predictions remarkably agree with the numerical calculations. It should be remarked that the domain of delay induced stability exist for quite significant noise intensities. Again the relevant noise intensities and time-lag are correctly predicted by simple method. The influence of noise on the properties of synchronization, in the general case when there is only one attractor, is rather trivial. If attractor of the deterministic system supports exactly synchronous oscillations or some form of coherent but asynchronous dynamics the noise does not change the qualitative properties of the synchronization. The only effect is addition of fluctuations proportional to the noise intensity. However, it is interesting to observe that for some values of the parameters, increasing the noise intensity results in the transition from stochastic asynchronous oscillations to something that looks more like strongly perturbed synchronous dynamics. For exceptional domains of the (c, τ) parameters both the stable exactly synchronous and the stable asynchronous oscillations are possible in the deterministic system. Then, quite a small noise destroys the attractor with the synchronous dynamics, and all initial states are attracted to the fluctuating asynchronous oscillations. We have analyzed the effects of noise added to a typical type II excitable system.

4. REFERENCES

- [1] N.Burić, I.Groydanović and N.Vasović, Chaos, Solitons and Fractals **23**, 1221,(2005).
- [2] N.Burić and D.Todorović, Int.J.Bif.Chaos, **15**, 1775,(2005)
- [3] N. Burić and D.Todorović, Dynamics of FitzHugh-Nagumo excitable systems with delayed coupling. Phys.Rev.E, **67**, 066222, (2003).
- [4] J.D.Murray, Mathematical Biology. (Springer,New York,1990).
- [5] E.M. Izhikevich, Int. J. Bif. Chaos, **10**, 1171, (2000).
- [6] B.Linder, J. Garcia-Ojalvo, A.Neiman and L.Schimansky-Geier, Phys.Rep. **392**, 321, (2004).
- [7] M.Sainz-Trapaga, C.Masoller, H.A. Braun and M.T. Huber, Phys.Rev. E, **70**, 031904, (2004).
- [8] Y. Shinohara, T. Kanamura, H. Suzuki, T. Horita and K. Aihara, Phys.Rev. E, **65**, 051906, (2002).

DINAMIKA SLUČAJNO PERTURBOVANIH EKSCITABILNIH SISTEMA SA KAŠNENJEM

***Rezime:** Ovdje su predstavljeni rezultati obimnog numeričkog proučavanja uticaja šuma na dinamiku međusobno povezanog skupa ekscitabilnih sistema sa kašnjenjem. Generalno, kvalitativna svojstva dinamike bez šuma (determinističke dinamike) su stabilna pod uticajem šuma umerenog intenziteta. Međutim, postoje oblasti parametara veze i vremenskog kašnjenja gde šum fizički prihvatljivog intenziteta čini kvalitativne promene u dinamici.*

***Ključne reči:** šum, parametri veze i vremenskog kašnjenja, kašnjenje.*

AN EXAMPLE FOR STRUCTURAL DYNAMIC MODIFICATION

Nataša Trišović¹,
Taško Maneski²,
Dragoslav Šumarac³,
Zoran Golubović⁴

UDK:531.3

Abstract: Structural dynamic modification implies the incorporation, into an existing model, of new information gained either from experimental testing or some other source, which questions or improves the accuracy of the model. This paper deals with improving of dynamic characteristics of tube collector (protection pipe of conductors of transformer) of the ring cross section. It is shown how change of conditions of support can improve dynamic characteristics of structure. Distribution of potential and kinetic energy in every finite element is used for analysis. In this study it is shown that structural dynamic modification is important in structural reanalysis.

Key words: structural dynamics modification, eigenvalues, potential and kinetic energy

1. INTRODUCTION

In general, the structural modification problem with frequency constraints is subjected in one of the following ways [1]:

(i) Maximize the natural frequency or difference between two consecutive frequencies subject to a specified constraint

$$h(v) = g(v) - \tilde{g} = 0 \quad (1)$$

and side constraints on the design variables

$$v_i^l \leq v_i \leq v_i^u \quad (2)$$

(ii) Minimize structural weight $g(v)$ subject to behavior constraints

$$h_j(v) = \omega_j^2 - \tilde{\omega}_j^2 = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

¹ mr Nataša Trišović, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, tel: 011-3302-338, e-mail: ntrisovic@mas.bg.ac.yu

² dr Taško Maneski, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, tel: 011-3302-237, e-mail: tmaneski@mas.bg.ac.yu

³ dr Dragoslav Šumarac, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, tel: 011-321-85-44, e-mail: sumi@grf.bg.ac.yu

⁴ dr Zoran Golubović, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, tel: 011-3302-338, e-mail: zogol@EUnet.yu

$$h_j(v) = \omega_j^2 - \tilde{\omega}_j^2 \geq 0, \quad j = k+1, k+2, \dots, m \quad (4)$$

where v_i is the design variable or updating parameter, v_i^l is the lower limit, v_i^u is the upper limit on the design variable, ω_j is the j^{th} natural frequency, $\tilde{\omega}_j$ is the specified value of the j^{th} natural frequency, $g(v)$ is the structural weight, \tilde{g} is the specified weight, n is the number of design variables, and m is the number of design constraints. The design variables depend on the type of optimization problem. In the design of structural components, such as stiffened panels and cylinders, the design parameters represent the spacing of the stiffeners, the size and shape of the stiffeners, and the thickness of the skin. If the skin and/or stiffeners are made of layered composites, the orientation of the fibers and their proportion can become additional variables. The sizes of the elements are design variables of a structural system of fixed configuration (frames, trusses, wings, fuselages, etc). The thickness of plates, cross-sectional areas of bars, areas, moments of inertia, and torsional constants of beams represent sizes of the elements. The parameters may be spatial if the optimization includes configuration. Also, in dynamics problems, the location of nonstructural masses and their magnitudes can be considered as variables. If only frequency constraints are considered in the optimization problem, it is advisable to include nonstructural masses in the structural model representing the fuel, payload, attachments, etc. For performing a model updating procedure, every parameter in an FE model can be considered as a candidate updating parameter. In an FE model for a continuous structure, the number of the independent parameters is equal to the number of degrees of freedom of the model.

2. THE DISTRIBUTION OF THE POTENTIAL AND KINETIC ENERGY WITHIN THE MODE SHAPES

The matrix form of the equation of undamped motion of an FE model is:

$$[M] \cdot \{\ddot{x}(t)\} + [K] \cdot \{x(t)\} = \{0\} \quad (5)$$

The free-vibration natural frequencies and mode shapes of a linear structural system can be computed by solving the above eigenvalue problem

$$[K] \{Q_i\} = \lambda_i [M] \{Q_i\} \quad (6)$$

where $[K]$, $[M]$ are the structural stiffness and mass matrix, respectively. The system matrices are considered to be a general function of the design variables (nodal coordinates, area of cross section, moment of inertia, mass, depth...) denoted by $\{V\} = \{v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_p\}$, and λ_i and $\{Q_i\}$ are the eigenvalue and the eigenvector of mode i , respectively.

$$\{Q_i\}^T [K] \{Q_i\} = \lambda_i \{Q_i\}^T [M] \{Q_i\} \quad (7)$$

The perturbed eigenvalue problem (from eq. 6) can be written as

$$([K] + [\Delta K]) (\{Q_i\} + \{\Delta Q_i\}) = (\lambda_i + \Delta \lambda_i) ([M] + [\Delta M]) (\{Q_i\} + \{\Delta Q_i\}) \quad (8)$$

where $\Delta \lambda_i$, $\{\Delta Q_i\}$, $[\Delta K]$ and $[\Delta M]$ are the eigenvalue, eigenvector, the stiffness and mass matrices perturbations, respectively.

The second and higher order terms could be neglected, and after mathematical operations, the perturbed eigenvalue problem (from eq. 8) can be written as

$$\frac{\Delta\omega_r^2}{\omega_r^2} = \frac{\{Q_r\}^T [\Delta K] \{Q_r\} - \omega_r^2 \{Q_r\}^T [\Delta M] \{Q_r\}}{\omega_r^2 \{Q_r\}^T [M] \{Q_r\}} = \frac{E_{p,r} - E_{k,r}}{E_{k,r}} \quad (9)$$

because the potential and kinetic energy of the structure for r -th main mode shape, according to [2], can be written in the next form:

$$E_{p,r} = \{Q_r\}^T [K] \{Q_r\}, \quad E_{k,r} = \lambda_r \{Q_r\}^T [M] \{Q_r\}, \quad E_{p,r} = E_{k,r} = E_r. \quad (10)$$

The expression (9) is basic equation for reanalysis of structure, because it shows influence of specific finite elements to the eigenvalue. The distribution of energies within of FE provides necessary informations for optimization. In other words, for every FE where the difference between potential and kinetic energy is the largest, the structural modification should be performed for the best influence to change governing eigenvalue. The main goal of dynamic optimization is to increase natural frequencies and to increase the difference between them.

3. DEMONSTRATION EXAMPLE

The example problem is the tube collector, see Fig. 1, that is modeled using 11 beam elements. The influence of the way of supports and increasing of stiffness to the eigenvalues will be considered. The initial geometry of the tube is: $D=200\text{mm}$ - the external diameter of the tube, $d=184\text{mm}$ - the internal tube's diameter, $L=22\text{m}$ - the length of the tube. All other characteristics, necessary for calculation of tube's eigenvalues are: $I_z=D^4\pi[1-(d/D)^4]/64=2228\text{cm}^4$ - the axial moment of inertia of cross section for z axis, $E=72.10^9\text{N/m}^2$ - Young's moduo of the tube's material (aluminium), $q=1.74\text{kg/m}$ - the specific weight of the conductors inside the tube, $\rho=2750\text{kg/m}^3$ - mass density. The area of cross section of tube is $A=48.5\text{cm}^2$, the mass of tube is $m = \rho AL = 286\text{kg}$. This relatively simple model, is used to verify the implementation of described method using MatLab 7.

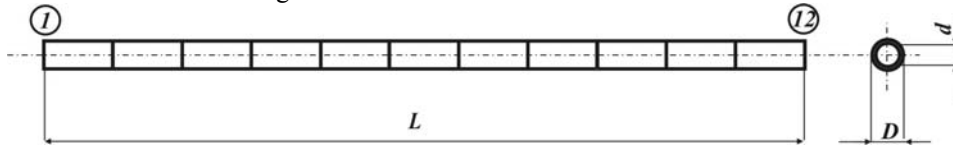


Figure 1. The tube collector, modeled by 11 beam elements

The First Case

First consideration will be taken for the tube collector simple supported on both ends (see Fig. 2). In that case transversal degrees of freedom at the first and 12-th nodes are constrained to zero, yielding a total of 22 DOF for the model. There are two degrees of freedom (DOF) at each node corresponding to translation in the y -direction and rotation about an axis normal to the x - y plane. The natural frequencies of the pipe for this case are given in the first column in Table 1. It can be concluded that the first frequency is too low and consequently dynamic behavior of structure is not good enough. The most important thing, dealing with dynamical improvement of structure, is increasing of the lowest frequencies and increase of intervals between them. Because of that, it is important to examine influences, such are changes of geometrical characteristics of the tube and boundary conditions as well (where it is technically possible to make a change),

to change the values of frequencies. In Fig. 2a the diagram of distribution of potential and kinetic energy for this case is given. From diagram it can be concluded that the differences of E_p and E_k along the whole span are negligible, than it is inappropriate to change a geometry of the section. Also increasing mass of the tube the stiffness will increase as well and frequencies will not be improved, and vice versa. Because of that, the change of boundary conditions will be considered firstly.

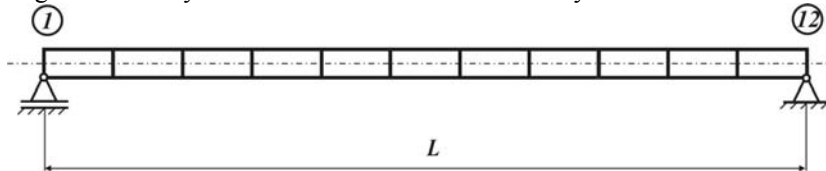


Figure 2. The tube collector, simple supported at both ends

The Second Case

For the sake of increasing values of all frequencies, specially of the lowest, the fixed end is introduced at right end of pipe, while the left end remains hinged (Fig. 3).

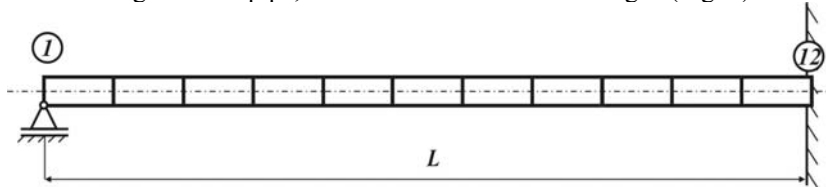


Figure 3. The tube collector, simple supported at one end and fixed at the second

Hence, on the right end of the pipe the rotational degree of freedom is constrained to zero. It can be concluded that natural frequencies are increased if compared with the case of both hinged ends (the natural frequencies of the pipe for this case are given in the second column in Table 1). Hence in this case unchangign total mass of structure dynamic behaviour is considerably improved. If it is impossible to make technically fixed end of the pipe, then changing statical system will have similar influence. At the right end two hinged supports are introduced at a very short distance. The system from simple supported beam becomes statically inderteminate, increasing stiffness of the tube (Fig. 4).

IV: $a=1.8m, b=0.2m$; V: $a=1.6m, b=0.4m$; VI: $a=1.4m, b=0.6m$;

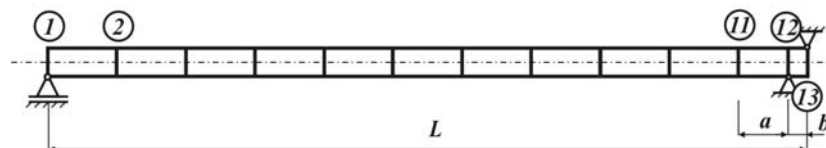


Figure 4. The tube collector with two hinged supports ath the right end

We are looking for the distance between supports which will have the same influence as ideally fixed end. For distances of 20cm, 40cm, and 60 cm, frequencies are given in columns IV, V i VI, in Table 1 respectively. It can be seen tah the distance of 40 cm leads to the same values of frequencies as ideally fixed end (column II), and that case will be taken in the next considerations. Diagrams of distributions of E_p and E_k are given in Figures 5, 6, 7 and 8 for the first four mode shapes, respectively. Unlike the diagram in Figure 2a, from Figures 5, 6, 7 and 8 it can be clearly seen that the largest positive value of the difference between E_p and E_k takes place at the element 11 (the element between nodes 11 and 12, see Fig. 4) for all mode shapes. It means that the change of geometry should take place at this position in order to have higher values of natural frequencies.

In columns VII, VIII and X the values of frequencies for some changes of cross sections of elements 11 and 12 are given. Change of element 12 doesn't give any changes, which was already expected from the diagram, while change of element 11 results of increase of frequency less than 10% (Fig 11, columns IX and XI).

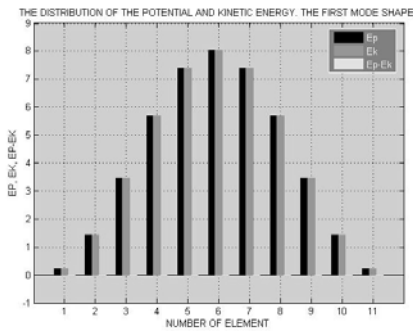


Figure 2a. The distribution of E_p and E_k for the tube, simple supported at both ends for the first mode shape.

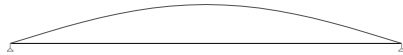


Figure 2b. The first mode shape for the tube, simple supported at both ends, $f_{01}=1.06\text{Hz}$

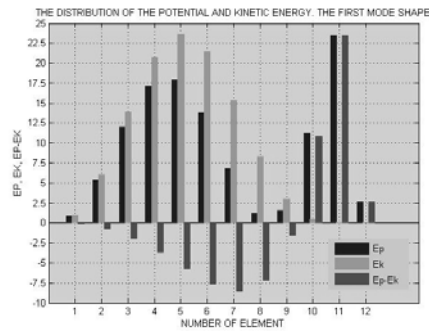


Figure 5. The distribution of E_p and E_k for the tube, simple supported at one end and fixed at the second for first mode shape



Figure 5a. The first mode shape for the tube, simple supported at one end and fixed at the second, $f_{01}=1.70\text{Hz}$

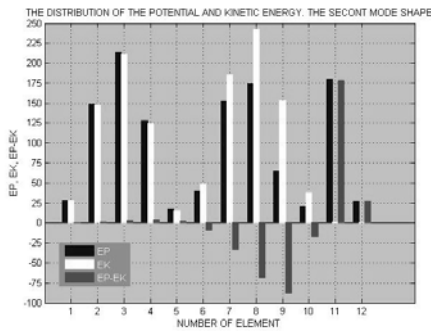


Figure 6. The distribution of E_p and E_k for the tube, simple supported at both ends for the second mode shape.

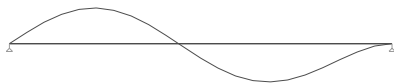


Figure 6a. The second mode shape for the tube, simple supported at one end and fixed at the second $f_{02}=5.51\text{Hz}$

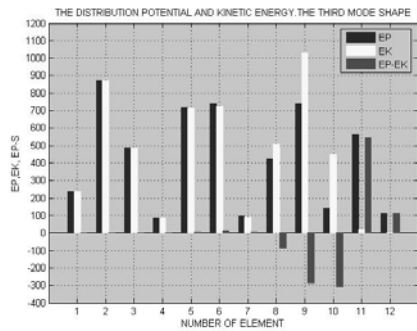


Figure 7. The distribution of E_p and E_k for the tube, simple supported at one end and fixed at the second for third mode shape

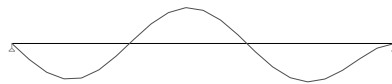


Figure 7a. The third mode shape for the tube, simple supported at one end and fixed at the second $f_{03}=11.49\text{Hz}$

Table 1. Natural frequencies⁵ of the beam for all considered cases for 20 mode shapes, and their relative ratios

ω^*	ω^{**}	ω^{**} / ω^*	ω^{***}	ω^{****}	ω^{*****}	ω^{*****}	ω^{*****}	$\omega^{*****} / \omega^{****}$	ω^{*****}	$\omega^{*****} / \omega^{****}$
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
519.56	562.52	1.08	548.82	550.75	555.48	551.98	552.38	1.00	551.39	1.00
451.56	491.17	1.09	480.07	483.31	489.82	484.69	485.73	1.01	485.61	1.00
387.63	421.90	1.09	413.36	417.39	424.18	418.61	420.26	1.01	421.37	1.01
330.38	359.23	1.09	352.77	356.94	363.03	357.91	359.85	1.01	361.50	1.01
280.17	304.24	1.09	299.32	303.20	308.26	303.93	305.84	1.01	307.25	1.01
236.46	256.54	1.08	252.74	256.11	260.16	256.66	258.33	1.01	259.16	1.01
198.49	215.36	1.08	212.33	215.12	218.29	215.54	216.87	1.01	217.14	1.01
165.66	180.02	1.09	177.49	179.66	182.02	179.96	180.93	1.01	180.82	1.01
142.47	151.81	1.07	149.06	150.15	151.37	150.31	150.77	1.00	150.59	1.00
109.77	117.80	1.07	116.32	118.07	120.26	118.34	119.09	1.01	118.68	1.01
88.07	95.49	1.08	94.36	95.75	97.30	95.96	96.47	1.01	96.28	1.01
69.00	75.35	1.09	74.46	75.51	76.66	75.67	76.04	1.01	76.16	1.01
52.50	57.80	1.10	57.11	57.90	58.75	58.03	58.32	1.01	58.73	1.01
38.40	42.75	1.11	42.24	42.81	43.42	42.90	43.15	1.01	43.78	1.02
26.59	30.07	1.13	29.71	30.10	30.52	30.17	30.39	1.01	31.10	1.03
16.99	19.67	1.16	19.43	19.68	19.95	19.73	19.93	1.01	20.57	1.05
9.55	11.49	1.20	11.35	11.50	11.65	11.52	11.68	1.02	12.15	1.06
4.24	5.51	1.30	5.44	5.51	5.58	5.52	5.62	1.02	5.89	1.07
1.06	1.70	1.60	1.68	1.70	1.72	1.70	1.74	1.02	1.84	1.08

⁵ ω^* - The natural frequencies with both joint ends of the beam, ω^{**} - The natural frequencies with fixed right end, ω^{***} - The natural frequencies of the beam from Fig. 4, a=1.8m; b=0.2m, ω^{****} - The natural frequencies of the beam from Fig. 4, a=1.6m, b=0.4m, (taken in the considerations), ω^{*****} - The natural frequencies of the beam from Fig. 4, a=1.4m; b=0.6m; ω^{*****} - a=1.6m; b=0.4m, D=216mm, d=200mm, element between nodes 12 and 13 have been changed, Fig. 4); ω^{*****} - The natural frequencies of the beam from Figure 11, a=1.6m b=0.4m, D=216mm, d=200mm, I_z=2.831 cm⁴, between nodes 11 and 13), ω^{*****} - The natural frequencies of the beam from Figure 11, a=1.6m, b=0.4m, D=216mm, d=184mm, I_z=5058.7 cm⁴, between nodes 11 and 13.

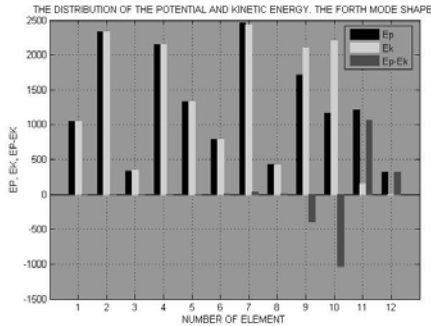


Figure 8. The distribution of E_p and E_k for the tube, simple supported at one end and fixed at the second, IV mode shape

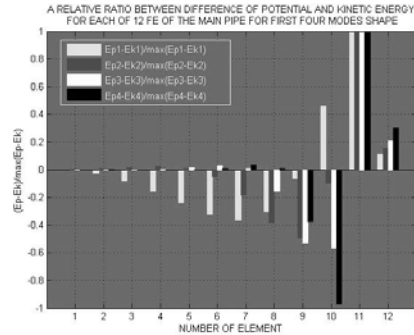


Figure 9. A relative ratio between difference of potential and kinetic energy for each of 12 FE of beam for first four modes shape

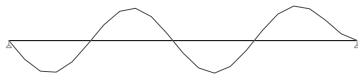


Figure 8a. The fourth mode shape for the tube, simple supported at one end and fixed at the second, $f_{04}=19.67$ Hz

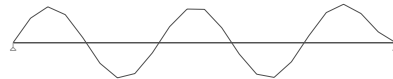


Figure 10. The fifth mode shape for the tube, simple supported at one end and fixed at the second, $f_{05}=30.07$ Hz

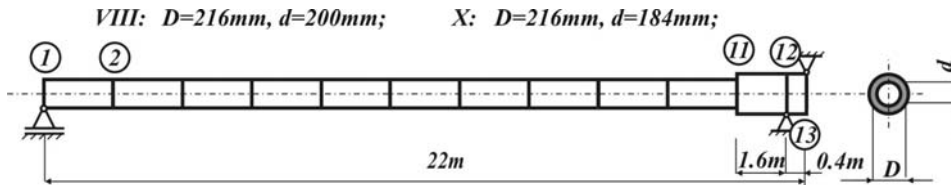


Figure 11. The tube collector with two hinged supports at the right end and modified cross section at one portion of the length

4. CONCLUSIONS

For the sake of improving dynamic characteristics of aluminum tube collector of the ring cross section, the change of boundary conditions and geometry are considered. First it is considered that the tube is simple supported at both ends, and obtained results for natural frequencies show that dynamic characteristics were not good. Changing boundary conditions only at one end, the lowest frequencies are increased for 60% which considerably improves the solution. Using expression (9), i.e. taking opportunity that at the places where is the largest difference between E_p and E_k structural modifications can be done, the analysis is performed along the whole length of the tube. At the place of the largest difference between E_p and E_k (Fig. 5, 6, 7 and 8) the stiffness of the cross section is increased causing increase of the value of the first natural frequency slightly (Fig. 11 columns VIII, IX, X and XI in Table 1). In this way it is proven that the change of boundary conditions is the most efficient way to increase natural frequencies. Ideal case would be to have both end fixed, but technically it is impossible (for instance because of thermal dilatations) in the case of tube collector of transformer. Only one fixed and the second one hinged supports are allowed, which is considered in this paper.

REFERENCES

- [1] Grandhi, R.V., and Venkayya, V.B., *Structural optimization With Frequency Constraints*, AIAA Journal, Vol. 26, No.7, 1988, pp. 858-866.
- [2] Maneski, T., PhD, Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 1992.
- [3] Ki, O., K., *Nonlinear Inverse Perturbation Method in Dynamic Redesign*, PhD, Thesis, Michigan 1983.
- [4] Trisovic, N., *Sensitivity Analysis in Structural Dynamic*, XXXII JUPITER Konferencija, Zlatibor, 09-11.05.2006.

PRIMER DINAMIČKE MODIFIKACIJE KONSTRUKCIJA

Rezime: *Dinamička modifikacija konstrukcija podrazumeva transformaciju postojećeg modela u novi, primenom novih informacija dobijenih ili eksperimentalnim merenjima ili na neki drugi način, čime se popravlja ponašanje i tačnost modela. Ovaj rad se bavi poboljšanjem dinamičkih karakteristika jedne cevne sabirnice prstenastog poprečnog preseka. Pokazano je kako se promenom graničnih uslova i geometrije mogu popraviti dinamičke karakteristike konstrukcije. U toj analizi se koristi raspodela potencijalne i kinetičke energije u svakom konačnom elementu. Takođe, pokazano je da dinamička modifikacija igra važnu ulogu u reanalizi konstrukcija.*

Ključne reči: *dinamička modifikacija konstrukcija, sopstvene vrednosti, potencijalna i kinetička energija*

NOSEĆA DVOBRODNA ČELIČNA KONSTRUKCIJA UNIVERZALNE HALE OD CEVASTIH PROFILA

Miroslav Bešević¹,
Josip Kovač Striko²

UDK: 624.014.2

Rezime: U ovom radu prikazuje se noseća čelična konstrukcija dvobrodne univerzalne hale za sportske i izložbene namene površine 2880 m². Specifičnost hale je u polukružnom rešetkastom glavnom nosaču izvedenog od okruglih cevastih profila direktnim zavarivanjem. Glavni nosač je statičkog sistema zglobno oslonjenog okvira sa rešetkastim vezačima na dve vode u savakom brodu. Raspon glavnog broda je 30,00 m a raster 16,00 m sa slobodnom visinom ispod krovne konstrukcije od poda +16,25 m. (visina u slemenu). U radu se daju karakteristična rešenja veza rešetkastog vezača od cevastih profila za stub glavnog nosača i za temelj. Daje se i detaljna analiza uticaja u svim glavnim nosećim elementima ove specifične čelične konstrukcije i prikazani su glavni montažni nastavci.

Cljučne reči: čelična konstrukcija, polukružni rešetkasti glavni nosač, okrugli cevasti profili

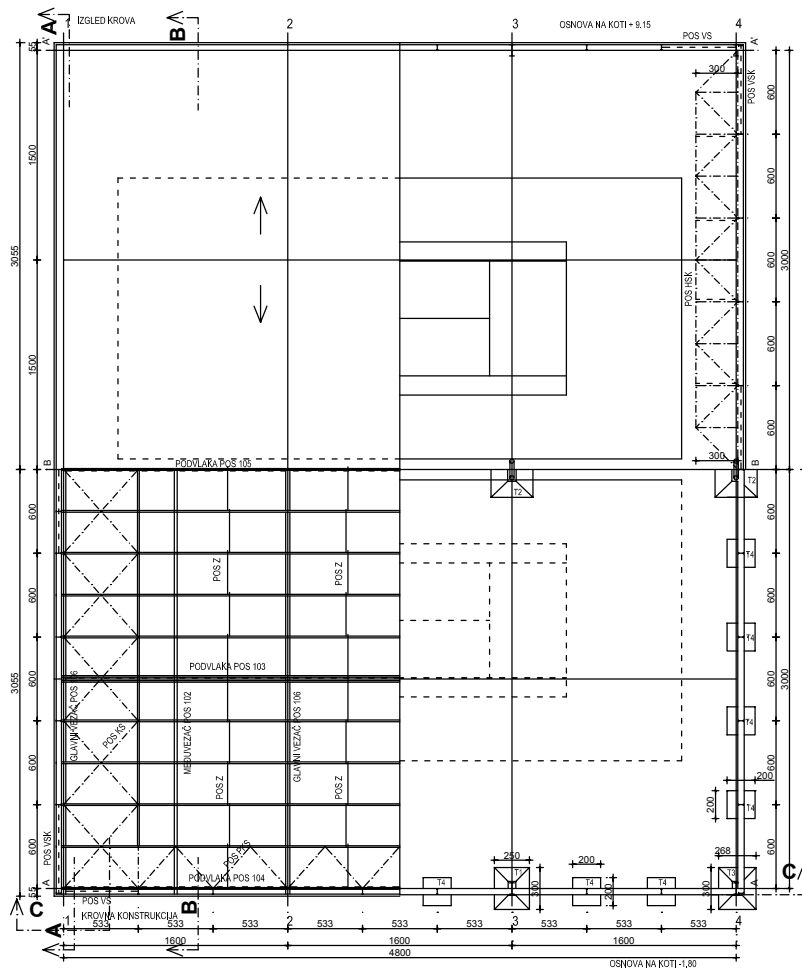
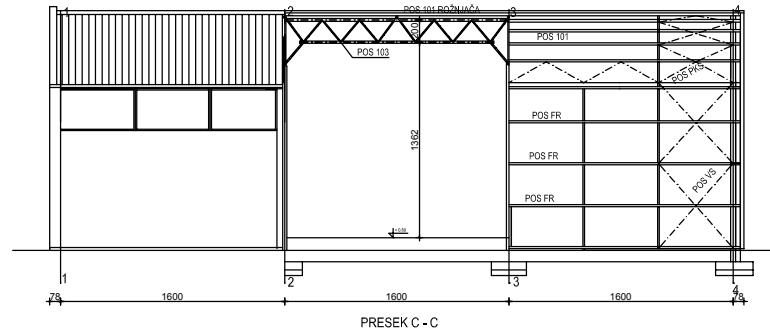
1. UVOD

U ovom radu se prikazuje noseća čelična konstrukcija dvobrodne višenamenske (sportske, izložbene) hale. Veličina hale je 2x30x48m a raster glavnih vezača je na 16,00m. U svakom brodu hale predviđen je po jedan plato za sportsko izložbene namene površine 1000 m², koji sa svojim gabaritima odgovara normama za održavanje sportskih takmičenja u tenisu i drugim sportovima. Bočno sa jedne strane podužnog zida svakog broda hale nalaze se tribine sa centralnim stepeništem za posetioce-gledaoce. Ispod tribina su predviđene tehničke prostorije i neophodni magacinski prostori. Glavni ulaz se nalazi na podužnom fasadnom zidu.

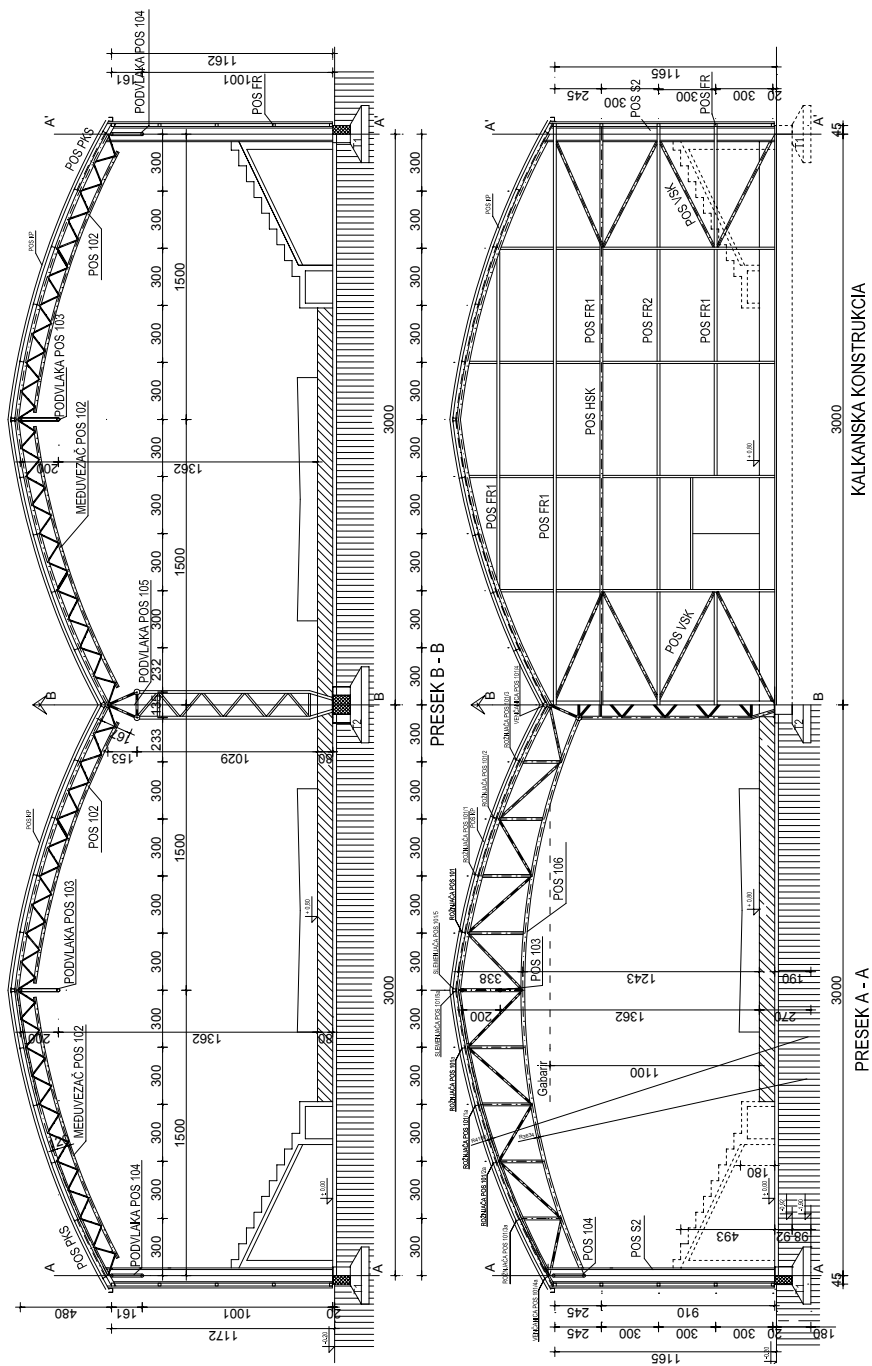
¹v.prof. Dr Miroslav Bešević, dipl inž građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e-mail: mbesevic@gf.su.ac.yu

² Josip Kovač Striko, dipl inž građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e-mail: kovacj@gf.su.ac.yu

2. DISPOZICIA I OPIS GLAVNIH ELEMANATA KONSTRUKCIJE



Slika 1. Dispozicija



Slika 2. Presek A – A i B- B

Glavni nosač je statičkog sistema zglobnog okvira sa rešetkastim vezačem na dve vode u svakom brodu. Raspon glavnog broda je 30,00 m a maksimalna visina iznad kote poda je 16,25 m (visina u slemenu).

3. GLAVNI VEZAČ

Glavni vezač je dvopojasni rešetkasti nosač promenjive visine od 1.80 m do 3.37 m kružnog oblika. Gornji i donji pojas kao i ispuna su od hladnooblikovanih šuplji profila. Takođe, gornji pojas je i zakrivljen poluprečnikom $r = 41,60$ m. Veza ispune i pojasnih štapova je izvedena sučeonim šavovima S- kvaliteta. Glavni vezač ima tri montažna sklopa koja se povezuju u jednu celinu na gradilištu, a potom montiraju i pričvršćuju. Montažni nastavci izvode se primenom čeonom pločom i visokovrednim zavrtnjima kč...10.9.

4. STUBOVI U OSI A-A I A'-A' POS S2

Stubovi su automatski zavareni nosači I preseka sa pojasevima $b \neq 300 \times 25$ i rebrom $h \neq 800 \times 10$. Nad osloncem stub je linearno promenljivog poprečnog preseka zbog konstruisanja zglobne veze. Na mestima veze glavnog vezača za stub i fasadnih rigli postavljaju se horizontalna ukrućenja.

5. STUBOVI U OSI B-B POS S1

Stubovi su dvodelni rešetkasti nosači izvedeni od hladnooblikovanih šupljih profila. U podnožju stuba konstruisan je zglobni oslonac preko gornje ležišne ploče i centrir ploče od čelika kvaliteta Č0363. Stubovi u sadejstvu sa podvlakama sačinjavaju ram koji prima uticaj od horizontalnog sprega u kalkanu. Stub ima tri montažna nastavka izvedeni preko čeonih ploča i visokovrednih zavrtnjeva.

6. MEĐUVEZAČ

Međuvezač prima reakciju rožnjača i prenosi je na podvlake u osi A-A, A'-A' i B-B. Međuvezač je rešetkasti nosač raspona 15,0 m, sa pojasevima na razmaku od 1,20 m koje čine hladnooblikovanih šuplji profile, dijagonale su također sačinjene od hladnooblikovanih šupljih profila. Veza međuvezača za podvlake je ostvarena visokovrednim vijcima Fp~0, preko hor. ploča debljine 10 mm. Veze između pojaseva i dijagonala izvedene su zavrtnjevima, sučeonim šavovima S-kvaliteta.

7. PODVLAKA U OSI A-A I A'-A'

Podvlaka prima reakciju međuvezača i prenosi je na glave stubovi. Podvlaka je rešetkasti nosač raspona 16,0m, sa pojasevima na razmaku od 1,80 m koje čine hladnooblikovanih šuplji profile, dijagonale su također sačinjene od hladnooblikovanih šupljih profila. Veza podvlake za stub je ostvarena visokovrednim vijcima Fp~0, preko čeonih ploča debljine 24 mm. Gornji pojas je vezan sa 6M16kč...10.9, a donji 4M16 kč...10.9. Veze između

pojaseva i dijagonala izvedene su zavrtnjevima, sučeonim šavovima S-kvaliteta. Na polovini raspona na gornjem pojasu konstruirana je veza međuvezača i podvlake sa 4M12kč...10.9 Fp~0.

8. PODVLAKA U SLEMENU

Podvlaka prima reakciju međuvezača i prenosi je na glane vezače, a ujedno služi kao stabilizacioni spreg donjeg pojasa glavnog vezača. Podvlaka je rešetkasti nosač raspona 16,0 m, sa pojasevima na razmaku od 1,80 m koje čine hladnooblikovanih šuplji profile, dijagonale su također sačinjene od hladnooblikovanih šupljih profila. Veza podvlake za glavni vezač je ostvarena visokovrednim vijcima Fp~0, preko čeone ploče debljine 24 mm. Gornji pojas je vezan sa 4M16kč...10.9, a donji 4M16 kč...10.9. Veze između pojaseva i dijagonala izvedene su zavarivanjem, sučeonim šavovima S-kvaliteta. Na polovini raspona na gornjem pojasu konstruirana je veza međuvezača i podvlake sa 2M12kč...10.9 Fp~0.

9. PODVLAKA U OSI B-B

Prima reakciju međuvezača i prenosi je na glani sistem – stub. Podvlaka je tropojasni rešetkasti nosač raspona 16,0 m, sa pojasevima od hladnooblikovanih šuplji profila, dijagonale su također sačinjene od hladnooblikovanih šupljih profila. Veza podvlake za glavni vezač je ostvarena visokovrednim vijcima Fp~0, preko čeone ploče debljine 24 mm. Gornji pojas je vezan sa 4M12kč...10.9, donji 4M12 kč...10.9, dijagonala 4M16 kč...10.9. Veze između pojaseva i dijagonala izvedene su zavarivanjem, sučeonim šavovima S-kvaliteta. Na polovini raspona gornjeg pojasa konstruirana je veza međuvezača i podvlake u zavarenoj izvedbi.

10. TEMELJI

Oslanjanje stubova u osi 'A' izvedeno je preko zglobnog oslonca, koji je sastavljen od gornje ležišne ploče debljine 25 mm, vertikalnih ukrućenja debljine 12 mm, centrir – ploče 40x80x300 zavarena ugaonim šavovima za gornju ležišnu ploču. Donja ležišna ploča dimenzij 300 x 50 x 480, na koju su postavljene i zavarene odbojne ploče 20 x 40 x 300. Odbojne pločice prihvataje horizontalne reakcije i unose u donju ležišnu ploču. Anker – vijci su 2M24 k.č 5.6 koji služe da olakšaju montažu fiksiranjem položaja donje (i gornje) ležišne ploče, da prihvate negativnu vertikalnu reakciju zgloba. Ležišni moždanik je IPB 200 koji služi da prenese horizontalne reakcije u temelj. Veza ležišnog moždanika i donje ležišne ploče ostvaren je zavarivanjem ugaonim šavovima. Temelj je dimenzije B = 1,75 m; L=2,65m; d=0,98m, fundiran na dubini df=1,80m, MB -25, armiran sa Ø12/16 podužno i Ø8/12 poprečno.

Oslanjanje stubova u osi 'B' izvedeno je preko zglobnog oslonca, koji je sastavljen od gornje ležišne ploče debljine 30 mm, vertikalnih ukrućenja debljine 14 mm, centrir – ploče 40x100x450 zavarena ugaonim šavovima za gornju ležišnu ploču. Donja ležišna ploča dimenzija 450 x 70 x 630 mm, na koju su postavljene i zavarene odbojne ploče 20 x 40 x 450 mm. Odbojne pločice prihvataje horizontalne reakcije i unose u donju ležišnu ploču. Anker – vijci su 2M24 k.č 5.6 koji služe da olakšaju montažu fiksiranjem položaja donje (i gornje) ležišne ploče, da prihvate negativnu vertikalnu reakciju zgloba.

Ležišni moždanik je IPB 200 koji služi da prenese horizontalne reakcije u temelj. Veza ležišnog moždanika i donje ležišne ploče ostvaren je zavarivanjem ugaonim šavovima. Temelj je dimenzije $B = 2,00 \text{ m}$; $L=3,00 \text{ m}$; $d=0,98 \text{ m}$, fundiran na dubini $df=1,80 \text{ m}$, MB -25, armiran sa $\varnothing 16/19$ podužno i $\varnothing 12/16$ poprečno.

11. ANALIZA UTICAJA

- Razmak glavnog vezača $L = 2 \times 30 \text{ m}$
- Raster glavnih vezača $l = 16 \text{ m}$

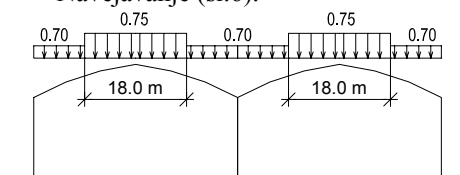
Stalno opterećenje:

- Težina krovnog pokrivača (Fe – sensvič lim)..... $g_p = 0.35 \text{ kN/m}^2$
- Instalacije..... $g_i = 0.05 \text{ kN/m}^2$

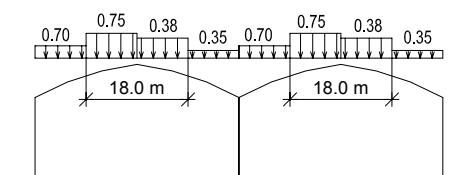
Sopstvena težina glavnog nosača sa podužnim, poprečnim krovnim spregovima, rožnjačama i ostalim elementima koji su sastavni deo hale uzimaju se automatski u programu "TOWER" Radimpex.

Sneg:

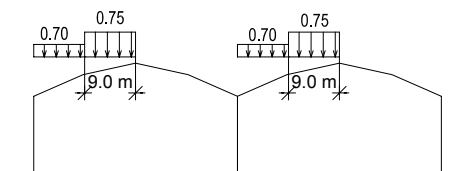
- Težina snega (sl.3).
- Pola raspona sa punim intenzitetom, a pola sa jednom polovinom (sl.4).
- Pola raspona (sl.5).
- Navejavanje (sl.6).



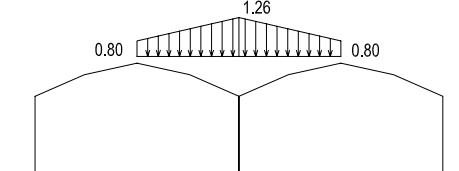
Slika 3.



Slika 4.



Slika 5.



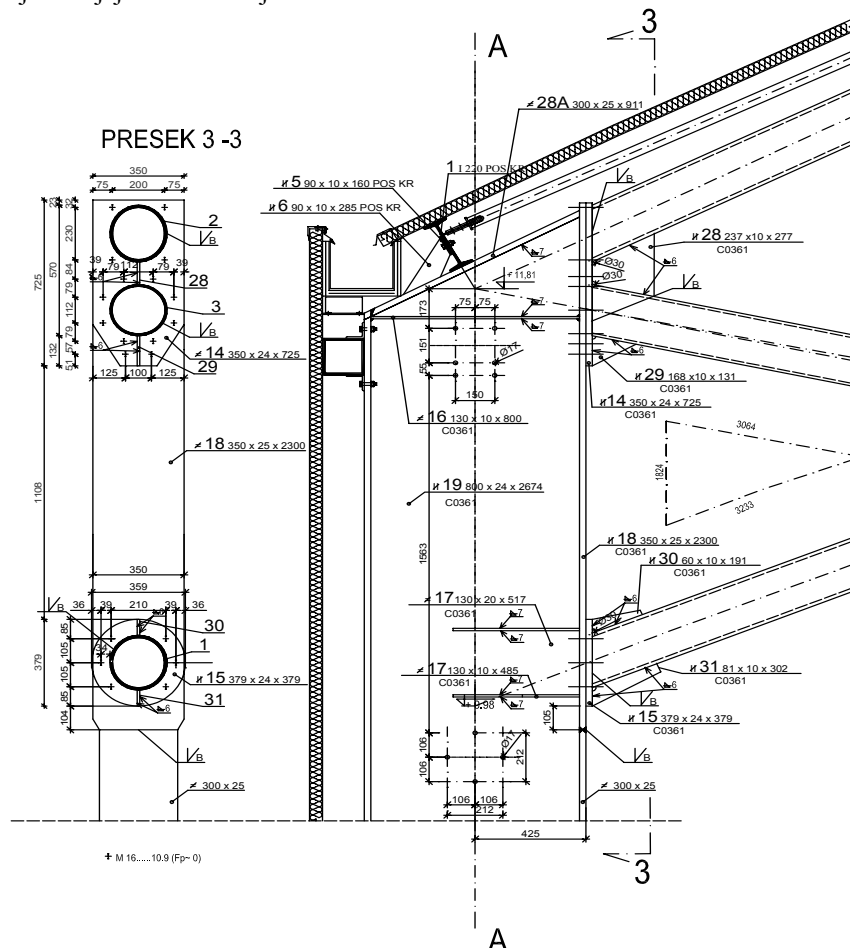
Slika 6.

Vetar: Osnove proračuna građevinskih konstrukcija - opterećenje vetrom JUS U.C7.110. , JUS U.C7.111. i JUS U.C7.112.

Gornju ležišnu ploču posmatramo kao kontinualni nosač jedinične širine 1 cm oslonjenu na mestima ukrućenja i pojasnih lamela stuba, koji je opterećen preko centrir- ploče jednakopodeljenim opterećenjem P_{gp} u sredini raspona $l=11,40$ cm. Ovaj proračun je na strani sigurnosti pošto nije uzeto u obzir sadejstvo centrir-ploče, koja je sa gornjom ležišnom pločom spojena ugaonim šavovima.

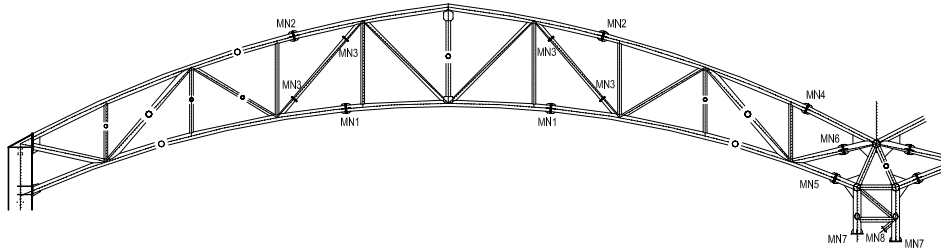
Usvajaju se četiri vertikalna ukrućenja $\neq 170 \times 14 \times 400$ koja se u uglu vežu sa rebrom i gornjom ležišnom pločom oslabljena sa četvrt-kružnim otvorom poluprečnika 20 mm, da bi odgovarajući šavovi bili zavareni u krug i neprekinuti. Statički uticaj deluje na jedno ukrućenje $\neq 170 \times 14 \times 400$ na mestu veze sa rebrom stuba.

Usvajaju se obostrano odbojne pločice $\neq 200 \times 40 \times 450$ koje se zavaruju za donju ležišnu ploču ugaonim šavovima debljine 10 mm. Odbojne pločice prihvataju horizontalne reakcije zgloba i unose je u donju ležišnu ploču. Anker vijci zglobnog oslonca služe da olakšaju montažu fiksiranjem položaja donje i gornje ležišne ploče, da prihvati negativnu vertikalnu reakciju zgloba i da unesu horizontalnu reakciju zgloba u betonski temelj. Usvajaju se anker-vijci 2 M24.....5.6.



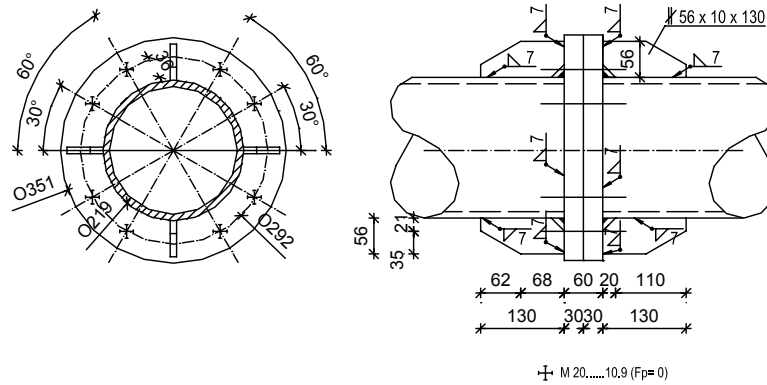
Slika 9. veza glavnog vezača za stub u osi a-a

13. GLAVNI MONTAŽNI NASTAVCI

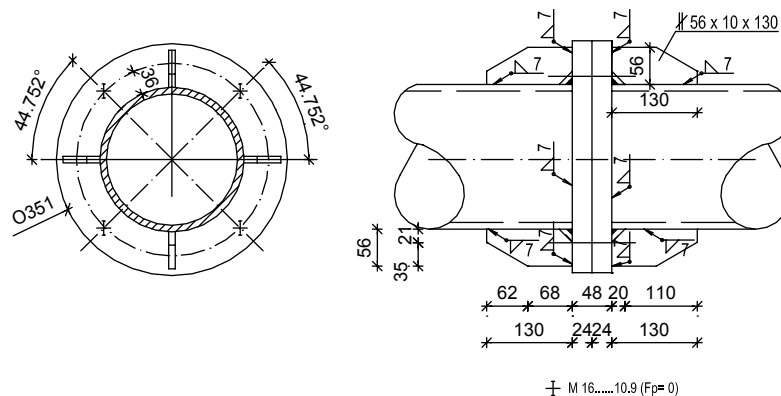


Slika 10. Položaj montažnih nastavaka

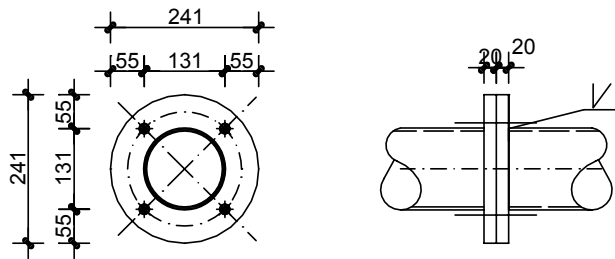
Položaj montažnog nastavka (MN) je prikazan na slici 10. Montažni nastavci se izvode sa čeonom pločom koje se spajaju pomoću visokovrednih vijaka 10.9 bez kontrole sile pritezanja (za proračun $F_p=0$).



Slika 11. Montažni nastavak MN1-donji pojas



Slika 12. Montažni nastavak MN2-gornji pojas



★ M 12.....10.9 (Fp=0)

Slika 3. Montažni nastavak MN3-dijagonala

LITERATURA

[1] Bešević M., Tešanović A., Dobrić J., Zbirka rešenih ispitnih zadataka iz Metalnih konstrukcija, Građevinski fakultet, Subotica, 2002

[2] Zarić B., Buđevac D., Bratislav D., ČELIČNE KONSTRUKCIJE U GRAĐEVINARSTVU, Građevinska knjiga, Beograd, 2000

[3] Buđevac D., Čelične konstrukcije u zgradarstvu, Medifarm i Građevinska knjiga, Beograd, 1992

[4] Kovač S. J., Diplomski rad, Čelična sportska hala za tenis, Građevinski fakultet, Subotica, 2005

BEARING STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE HALL DESIGNED WITH STEEL PIPE PROFILES

Summary: *This paper presents a bearing steel structure of a two span multipurpose hall for sports and exhibition uses, with an area of 2880 m². Specific hall feature is a circular truss arch designed with steel pipe profiles with direct welding. Main girders were designed as frames with hinge supports and steel circular trusses in each span. Main girders have spans of 30 meters, highest clearance of 16.25 m (arch crown height) and are positioned 16 m apart. Characteristic design solution of joint between steel truss arch and column, and joint between column and foundation are presented. The paper gives an overview of a detail structural analysis of main elements within this specific steel structure and main construction parts is discussed.*

Key words: *steel structure, circular steel truss arch, pipe steel profiles*

PRIMENA SAMOZBIJAJUĆIH BETONA VISOKIH ČVRSTOĆA

Dragan Bojović¹
Dr Janković Ksenija²
Ljiljana Lončar
Zoran Kačarević
Zoran Romakov

UDK:666.97.033.1

Rezime: U svetu postoje mnogi primeri upotrebe samozbijajućih betona u konstrukcijama. Nedostatak novih materijala na tržištu SCG, a posebno aditiva nove generacije uslovio je kašnjenje primene samozbijajućih betona. Neka eksperimentalna ispitivanja su rađena, ali praktične primene nije bilo. U zadnje dve godine na tržištu je moguće naći nove materijale, što je omogućilo dobijanje i korišćenje novih vrsta betona. Prva praktična primena samozbijajućih betona bila je na mostovima na reci Bosni u Doboju i Modriči. Zahtevana je primena tečnog betona klase čvrstoće C50/60. Vršeno je ispitivanje i otpornosti prema dejstvu mraza, kao i deformacije skupljanja i tečenja.

Ključne reči: samozbijajući beton, visoke čvrstoće.

1. UVOD

Poslednjih 20 godina problem trajnosti betonskih konstrukcija zaokuplja pažnju građevinskih konstruktora u svim zemljama sveta. Dosadašnja iskustava i pokušaji sa povećanjem zaštitnog sloja betona, ograničenja hlorida u betonskoj mešavini i drugo, nisu u potpunosti ispunila predviđene zadatke. Razlog za to treba tražiti u činjenici da u svim tim slučajevima nije eliminisan ljudski faktor prilikom izvođenja betonskih konstrukcija.

Prvo u Japanu 1986. godine, a potom kasnih devedesetih u Evropi pojava samozbijajućih betonskih mešavina privukla je veliku pažnju građevinskih konstruktora. Pojava samozbijajućih betona zahtevala je i veći napredak na polju građevinske hemije posebno aditiva za beton. Nove generacije aditiva za beton na bazi polikarboksilata omogućile su tehnoloziima betona smanjenje potrebne količine vode i do 30% a samim tim otvorio se prostor na polju lakše ugradljivih i obradljivih betonskih mešavina.

Na našim prostorima zbog ekonomske situacije primena samozbijajućih betonskih mešavina je kasnila. Prvi radovi na ovom polju su rađeni početkom ovoga veka. Sva ispitivanja koja su rađena bila su na eksperimentalnom nivou. Što zbog materijalnih

¹ Dragan Bojović, dipl inž. građ., Institut IMS Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, tel:0113690988

² Dr Ksenija Janković dipl inž. građ., Institut IMS Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, e-mail xena@eunet.yu

sredstava, što zbog konzervativizma u građevinarstvu praktične primene samozbijajućih betona do 2005. godine u našoj zemlji nije bilo. Prva primena samozbijajućih betona, ipak ne u našoj zemlji, bila je na mostovima na reci Bosni u Doboju i Modriči. Konkretna primena je bila na izradi glavnih nosača mostova dužine 40m i visine 2.5m. Kompletan posao oko kontrole i izrade betonskih radova vodio je Institut IMS iz Beograda.

2. PREDNOSTI PRIMENE SAMOZBIJAJUĆIH BETONA

Na izradi svakog mosta napravljene su po dve metalne oplata za izradu glavnih nosača. Betonski pogon je imao mešalicu zapremine od 0.25m^3 . Kasnije se ispostavilo da je kapacitet angažovanog betonskog pogona bio dosta mali, tako da je u rad uključen i drugi pogon za proizvodnju betona sa mešalicom zapremine 0.33m^3 . Kod izrade prvog nosača uključen je betonski pogon koji je imao mešalicu od 0.25m^3 , betonska pumpa i tri auto mešalice kapaciteta od 7, 9 i 10m^3 . Proces ugrađivanja betona obavljao se bez oplatnih vibratora samo ubacivanjem betonske mešavine sa visine od 2.5 m. Ukupno trajanje betoniranja prvog nosača trajalo je oko 5 sati, a zapremina ugrađenog betona bila je 56m^3 . Sa dostupnom mehanizacijom vreme ugradnje je optimalno jer nije bilo nikakvih zastoja na gradilištu. Vreme ugradnje moglo je da se smanjiti da je izvođač imao na raspolaganju betonski pogon većeg kapaciteta jer je evidentno bilo da angažovana oprema može da ugradi daleko veće količine samozbijajućeg betona.

3. ZAHTEVI ZA BETON I PRETHODNE PROBE

Kompletan projekat konstrukcije izradili su investitori iz Japana. U pitanju je gredni nosač statičkog sistema proste grede raspona 40m. Poprečni presek nosača je obliku latininičnog slova I. Visina samog nosača je 2.5m. Rebro nosača na najužem delu je debljine 25cm. Prema projektu pored gustog armiranja rebrastom armaturom predviđeno je da se nosači prednaprežu sa 6 prostorno vođenih kablova. Iz svega rečenog može se zaključiti da je zbog armiranja i prednaprezanja u središnjem delu nosača prolaz betona u rebro nosača omogućen samo kroz zaštitni sloj.

Prema specifikacijama za beton projektanta potrebna marka betona je MB 60 a prema EN standardima odgovara klasi C50/60. Pored uslova za čvrstoću potrebno je bilo obezbediti i količinu uvučenog vazduha u betonu u granicama od 2 do 4.5%. Uslov za otpornost betona na dejstvo mraza je takođe specificiran i iznosio je M-250.

Na osnovu zahtevanih svojstava betona pristupilo se izradi prethodnih proba. Pre izrade samih prethodnih proba obišli smo pogone za proizvodnju betona i uverili se u njihove mogućnosti. U razmatranje su ušli svi dostupni materijali na području gde su rađeni mostovi. Kao agregat razmatrani su i rečni i drobljeni agregati a posebno je tretiran drobljeni iberlauf koji je pokazao na ispitivanjima odlične mehaničke karakteristike.

Ustanovljeno je da na betonskom pogonu nije moguće dograditi posebne silose za filer i elektrofilterski pepeo koji su mogući sastavni delovi samozbijajućih betona. Ručno doziranje ovih komponenti bi veoma usporilo izradu samozbijajućih betona tako da se od toga na početku odustalo. Jedina moguća alternativa je bilo povećati potrebne količine cementa kako bi se zadovoljila potreba za sitnim česticama. Opravdanje za

korišćenje nešto većih količina cementa može se naći u činjenici da je zahtevana vrlo visoka marka.

Na osnovu pregleda projektne dokumentacije usvojene su ciljne vrednosti za ogleda ispitivanja konzistencije svežeg betona i to:

- Rasprostiranje betona tečenjem (SLUMP-FLOW) preko 65cm,
- Za L-kutiju usvojen je odnos preko 0.9,
- Visina penjanja betona kod U-kutije preko 31cm.

Posle prethodnih ispitivanja usvojene su sledeće komponente i količine za izradu betonske mešavine:

- cement CEM I 52.5 560 kg/m³
- voda (W/C=0.34) 190 kg/m³
- aditiv (MAPEI) 4 kg/m³
- sitan agregat Savski 754 kg/m³
- krupan agregat (drobljeni iberlauf) 923 kg/m³

Sa ovom recepturom dobijeno je rasprostiranje od 67cm, odnos kod L-kutije 0.92 i visina penjanja u U-kutiji od 31.5cm.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

Deo ispitivanja vršen je direktno u gradilišnoj laboratoriji dok su neka ispitivanja urađena u laboratoriji za ispitivanje materijala Instituta IMS.

Na zahtev investitora projekta na gradilištu je ispitivana konzistencija svake auto-mešalice dok je merenje količine uvučenog vazduha rađeno na svakoj trećoj auto-mešalici. Kao i kod prethodnih proba merenje konzistencije vršeno je pomoću SLUMP-FLOW testa dok su ostala dva ogleda zbog svoje složenosti i glomazne aparature izostavljena na gradilištu.

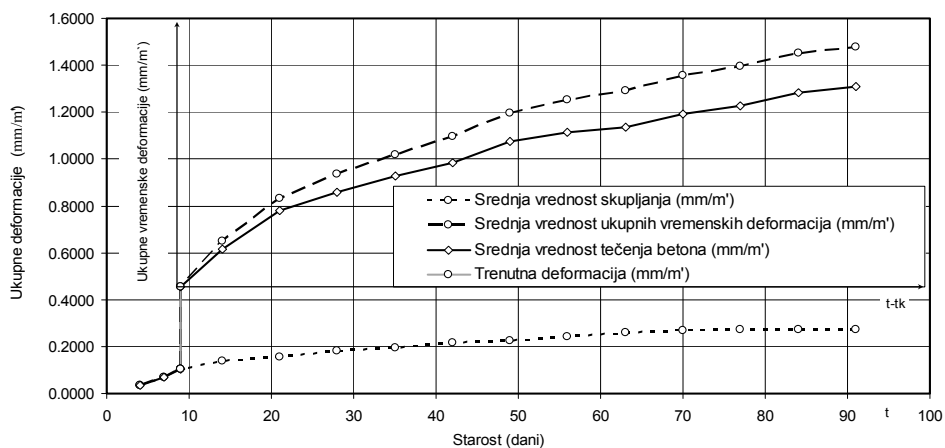
Dobijene vrednosti rasprostiranja bile su u granicama od 650mm do 700mm što je omogućavalo vrlo lako ugrađivanje betonske mešavine u vrlo guste spletove armature i cevi za kablove za prednaprezanje.

Uzorkovanje betonskih tela potrebnih za dokaz marke betona u početku je bio nešto veći kako bi se dobili podaci o čvrstoćama na 7, 28 i 91 dan. Pregled dobijenih srednjih vrednosti po nosačima daje se u Tabeli 1.

	Srednja vrednost dobijenih rezultata
Most u Doboju	74.8; 66.1; 67.9; 66.2; 66.4; 68.3; 70.5; 65.4; 71.7; 78.2; 71.4; 70.8; 74.4; 74.2; 72.3; 80.6; 75.9; 69.5; 75.0.
Most u Modriči	71.5; 69.3; 65.6; 71.0; 64.3; 66.5; 67.8; 65.3; 71.0; 72.1; 70.4; 69.8; 69.5; 71.1.

Tabela 1. Čvrstoće betona pri pritisku

Pored navedenih ispitivanja betonske mešavine u svežem i ispitivanja betona pri pritisku vršeno je i ispitivanje deformacija skupljanja i tečenja. Rezultati ovih ispitivanja daju se u obliku dijagrama 1. Takođe utvrđen je koeficijent tečenja i njegova vrednost je nešto manja od vrednosti za standardne betone i iznosi 2.414 pri starosti od 91 dan.



Dijagram 1. Deformacije betona

5. ZAKLJUČAK

Retko koja inovacija je za samo desetak godina prešla put od faze ambicioznog pokušaja do nivoa operativne tehnologije čiji se godišnji finansijski udeo u svetskom građevinarstvu meri milijardama dolara. Iako tehnologija samozbijajućih betona ima i neke nedostatke poput nepostojanja opšteprihvaćenih testova široka primena ove tehnologije u svim razvijenim zemljama čvrst je dokaz njenog nesumljivog uspeha.

LITERATURA

[1] Živković S., Zakić D., Bojović D., Projektovanje sastava i svojstava jedne vrste samozbijajućeg betona, INDIS 2003., Novi Sad.

PRACTICAL USE OF HIGH STRENGTH SCC

Summary: *There are many cases of applications of SCC in structures in the world. Leak of new materials in SCG markets, especially new generation of admixtures (polycarboxilate) has occurred late of practical applications of SCC. Some experimental results are presented but there were not practical applications. In last two years we can find new generations of admixtures and start new period in concrete use. First practical use of SCC was on bridges on the river Bosnia in Doboj and Modrica. In this structures there were a plenty of reinforced and we were not possibilities to use conventional concrete. Recommendations for concrete were high fluidity and high strength C60/75. Also, we tested frost resistance, creep and shrinkage.*

Key words: *SCC, high strength.*

TERMIČKA ANALIZA NA OPTOČNIOT TUNEL NA LAČNATA BRANA "SV. PETKA"

Meri Cvetkovska¹,

UDK:620.181.4:627.825

Rezime: Vo trudot e prezentirana termičkata analiza na optočniot tunel na lačnata brana „Sv.Petka” vo blizinata na Skopje. Vrz baza na podatocite za dnevnite varijacii na ambientnata temperatura i temperaturata na vodata na prelivniot bran definirana e srednata temperatura T_{sr} i temperaturnata razlika ΔT na dvata zida od naprečniot presek na optočniot tunel, za različni pretpostaveni debelini na istiot.

Ključne reči: Termička analiza, optočen tunel, ambientna temperatura, preliven bran

1. NELINEARNA I NESTACIONARNA TERMIČKA ANALIZA

Temperaturnoto pole vo betonskata ovloga na optočniot tunel se formira vo zavisnost od: termičkrite svojstva na betonot, termičkrite svojstva na okolnata sredina-karpata, dnevnite i sezonski varijacii na temperaturata na vozduhot vo tunelot, kako i temperaturata na vodata vo slučaj na prelevanje. Definiranjeto na temperaturnoto pole vo betonskata obloga pretstavuva složena zadača. Diferencijalnata ravenka so koja e opišan fenomenot na prenos na toplina niz kontinuirana sredina go ima sledniot oblik:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z}) + \dot{q} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

kade : $\lambda_{x,y,z}$ se koeficientite na toploprovodnost (kondukcija) na materijalot; \dot{q} e jačina na toplotniot izvor ili ponor vo teloto; ρ e gustinata na materijalot; c e specifičniot toploten kapacitet i t e vremenskiot parametar.

Ako se zeme predvid deka vo betonskata obloga i okolnata karpa ne postoi toploten izvor ili ponor ($\dot{q} = 0$) i deka debelinata na betonskata obloga e značitelno pomala od drugite dve dimenzii, kako i toa deka materijalot e homogen, problemot se poednostavuva i se razgleduva kako ednodimenzionalen, a ravenkata (1) dobiva oblik:

$$\lambda_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

Od aspekt na konturni uslovi potrebno e da se zadade vlijanieto na okolniot fluid (vozduh ili voda) vrz procesot na zagrevanje ili ladenje na elementite direktno izloženi na dejstvo

¹ Meri Cvetkovska, doc. d-r., Gradežen fakultet-Skopje, Bul. "Partizanski odredi" br.24, Skopje, Makedonija, tel: +389 2 3116 066, e-mail: cvetkovska@gf.ukim.edu.mk

na fluidot, t.e. da se definira pojavata na konvekcija i radijacija. Nivnito vključvanje vo analizata problemot go pravat nelinearen. Toplotniot fluks koj se javuva kako rezultat na postoenje na konvekcija definiran e so izrazot:

$$q_c = h_c(T_z - T_f) \quad (3)$$

kade: h_c e koeficient na konvekcija; T_z e temperatura vo konturnite točki od elementot; T_f e temperatura na okolniot fluid. Vo literaturata se dadeni preporaki vo slučaj koga vozduhot strui niz tunelot so brzina $V = 1m / sek$ (pretpostavena brzina), koeficientot na konvekcija da se usvoi: $h_c = 15[W / m^2 \cdot ^\circ C]$, a vo slučaj na voda: $h_c = 23[W / m^2 \cdot ^\circ C]$.

Rešenje na diferencijalnata ravenka (2) vo zatvoren oblik ne postoji, pa najčesto se pribegnuva kon primena na numerička postapka, vo slučajot Metodot na konečni elementi (MKE), podetalno opišan vo [1]. Na toj način se dobiva sistem od algebarski ravenki po nepoznatite jazlovi temperaturi:

$$[C] \dot{\vec{T}} + [[K_1] + [K_2]] \vec{T} = \vec{P} \quad (4)$$

kade: $[K_1]$ e konduktivna matrica; $[K_2]$ e konvektivna matrica; $[C]$ e kapacitativna matrica; \vec{P} e vektor na temperaturni tovari; \vec{T} e vektor na nepoznati jazlovi temperaturi i $\dot{\vec{T}}$ e vektor na temperaturni izvodi po vremeto.

2. TEMPERATUREN TOVAR I GRANIČNI USLOVI

Pri definiranje na nelinearnoto i nestacionarno temperaturno pole vo betonskata obloga na optočniot tunel kako edinstven temperaturno tovar se javuva temperaturata na fluidot vo tunelot. Vo slučaj na prazen tunel toa e temperaturata na vozduhot i taa se menuva kontinuirano vo tekot na denot i vo tekot na celata godina. Kako merodavna godina, vrz baza na koja e izvršena analizata, usvoeni e 1985 godina.

Za da može matematički da se opiše dnevna varijacija na temperaturata na vozduhot usvoeno e deka istata ima sinusoidalen oblik, a kako ekstremni vrednosti se zemeni temperaturite vo 5 časot nautro i 13 časot napladne. Iстите se presmetani vrz baza na prethodno izvršenite merenja na temperaturata na nivo na terenot. Generirani se 365 različni sinusoidi za cela godina. Vo slučaj koga niz tunelot protokuva voda temperaturata na istata e usvoena konstantna vo tekot na preporačanoto vreme na tečenje (voobičaeo e 3 dena) i zavisi od mesecot vo koj se javuva vodeniot bran (Tabela 1).

Tabela 1.

Temperatura na prelivna voda					
mesec	april	maj	juni	oktomvri	noemvri
T_{voda}	6°C	6°C	8°C	4°C	4°C

Temperaturata na karpata na dlabočina $R_0=9.6m$ (usvoena vrz baza na analiza dadena vo [2]) pretstavuva graničen uslov i treba da se zadade. Vrz baza na izvršeni merenja na lokacijata na objektot e utvrđeno deka vo leten period temperaturata na karpata iznesuva 12.5°C. Vo numeričkata analiza e usvoeno deka istata se menuva vo tekot na godinata po

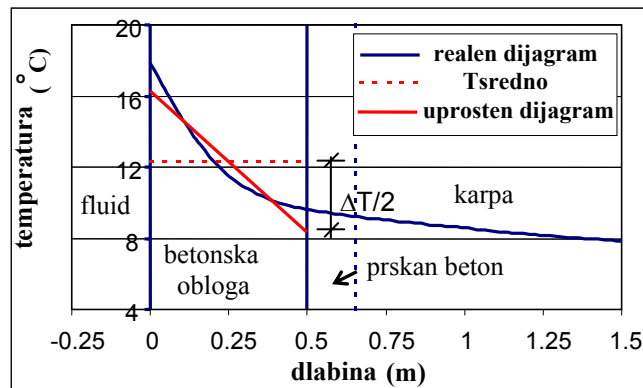
sinusoidalna funkcija. Vo leten period taa može da dostigne 12°C, dodeka vo zimski period može da opadne na 8°C ($T_{\text{karpa}}=10\pm 2^\circ\text{C}$).

3. UPROSTUVANJE NA TEMPERATURNIOT DIJAGRAM

Za potrebite na statičkata analiza nelinearniot temperaturni dijagram vo betonskata obloga e zamenet so linearen, pri što srednata temperatura vo presekot T_{sr} se dobiva od uslov za ednakvi površini na dvata dijagrama (5), slika 1, a temperaturnata razlika ΔT (6) se dobiva od uslov za ist statički moment na dvata dijagrama vo odnos na težišteto na presekot (spored R.Priscu, 1957).

$$T_{sr} = \frac{1}{d} \int_0^d T dx \quad (5)$$

$$\Delta T = \frac{12}{d^2} \int_0^d T \left(\frac{d}{2} - x \right) dx \quad (6)$$



Slika 1: Zamena na realniot dijagram so uprosten linearen dijagram

4. ANALIZA NA DOBIENITE REZULTATI

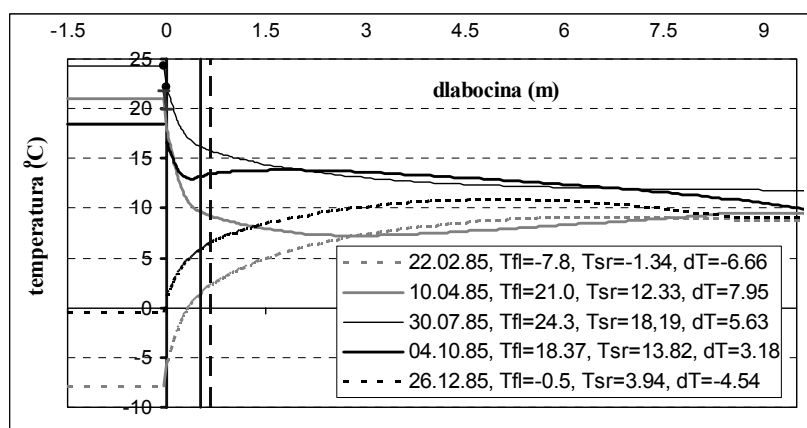
Temperaturnoto pole koe se formira pred injektiranje na fugite ($T_0=12^\circ\text{C}$) se zema kako početno, što znači deka vo toj moment vo betonskata obloga na optočniot tunel ne postojat napreganja i deformacii predizvikani od temperaturni promeni. Sekoe ponatamošno narušuvanje na početnata temperaturna raspodelba doveduva do pojava na napreganja i deformacii koi se superponiraat so napreganjata i deformaciiite predizvikani od hidrostatskiot pritisok i sopstvenata težina.

Vo leten period temperaturata na vazduhot ima povolno dejstvo vrz vkupnata naponska sastojba, a vo zimski period taa predizvikuva napreganja na zategnuvanje od stranata na fluidot i ja zgolemuva možnosta za pojava na prsnatini. Pojavata na voden bran isto taka može da ima nepovolno vlijanie, od pričina što vo mesecite koga toj se javuva (Tabela 1) temperaturata na vodata e niska vo odnos na temperaturata na betonskata obloga.

Analizirani se tri različni debelini na betonskata obloga: $d=50\text{cm}$, $d=70\text{cm}$ i $d=90\text{cm}$, a debelina na prskaniot beton iznesuva 15cm. Za site tri debelini definiran e vremenskiot razvoj na nestacionarnoto temperaturno pole za slučaj koga tunelot e prazen, odnosno fluidot e vazduh, i za slučaj koga niz nego protekuva voda.

4.1 Analiza na rezultatite vo slučaj na prazen optočen tunel

Na slika 2 prikazani se temperaturnite dijagrami vo betonskata obloga so debelina $d=50\text{cm}$, za karakteristični denovi vo tipični meseci od godinata. Za zimskite meseci dijagramite se odnesuvaat na noknite časovi, koga imame najgolema negativna temperaturna razlika pomeđu nadvorenšiot i vnatrešniot zid, dodeka vo letnite meseci dijagramite se odnesuvaat na pladnevne časovi koga imame najgolema pozitivna temperaturna razlika.



Slika 2: Temperaturni dijagrami za karakteristični denovi od 1985 god., za betonska obloga so debelina $d=50\text{cm}$

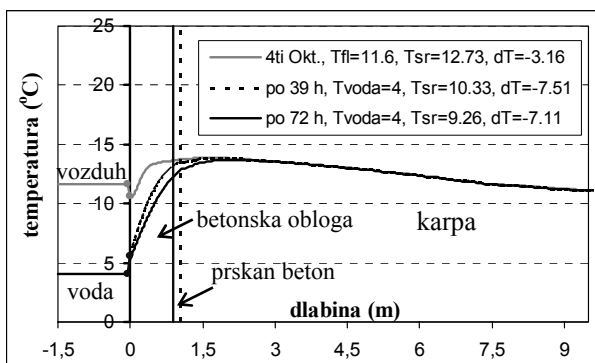
Vo Tabela 2 del od rezultatite se prikazani tabelarno, pri što e definirana i promenata na srednata temperatura vo presekokot T_{sr} vo odnos na početnata, odnosno definirano e ΔT_{sr} kako razlika pomeđu najniskata sredna temperatura vo oblogata vo tekot na denot i referentnata temperatura ($\Delta T_{sr}=T_o-T_{sr,\min}$). Vo zimskite meseci ovaa razlika e negativna, a vo letnite meseci dobiva pozitivna vrednost. Definiranjeto na ΔT_{sr} i ΔT , što pretstavuva temperaturna razlika pomeđu nadvorenšiot i vnatrešniot zid na betonskata obloga, e od posebna važnost za statičkata analiza. Vrzbaza na ovie vrednosti se opredeluvaaat deformaciite, pa soodvetno i napreganjata vo oblogata predizvikani od temperaturnite promeni. Vo zimskite meseci tie imaat ist znak, nivnoto vlijanie se superponira i predizvikuva napreganje na zategnuvanje na nadvorenšata strana na betonskata obloga, pa ja zgolemuva možnosta za pojava na prsnatini. So zgolemuvanje na debelinata na oblogata se namaluvaa apsolutnata vrednost na srednata temperatura vo presekokot T_{sr} , no se zgolemuva apsolutnata vrednost na temperaturnata razlika pomeđu zidovite ΔT , što povtorno e nepovolno od aspekt na pojava na prsnatini. Analizata pokaža deka merodavni za dimenzioniranje se denovite od 20 do 24 Februari (slika 2, Tabela 2), pa soodvetno usvoenata debelina na optočniot tunel iznesuva $d=50\text{cm}$.

Tabela 2.

den	T _{voz.vo tunel}			obloga d=50cm			obloga d=70cm			obloga d=90cm		
	13 č.	5 č.	To,b	T _{sr}	ΔT _{sr}	ΔT	T _{sr}	ΔT _{sr}	ΔT	T _{sr}	ΔT _{sr}	ΔT
				min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.
1 apr.	15	4,2	12	6,86	-5,14	-1,79	7,08	-4,92	-1,74	7,18	-4,82	-1,41
1 maj	14,9	3,4	12	9,53	-2,47	-4,16	9,91	-2,09	-3,94	10,17	-1,83	-3,73
13 juni	19,7	7,5	12	13,37	1,37	-3,39	13,56	1,56	-2,66	13,63	1,63	-1,97
5 juli	18,1	8,8	12	13,4	1,4	-2,7	13,54	1,54	-2,15	13,6	1,6	-1,6
9 avg.	18,6	7,2	12	13,99	1,99	-4,64	14,34	2,34	-4,16	14,56	2,56	-3,57
26 okt.	10,9	1,9	12	8,46	-3,54	-5,22	9,01	-2,99	-5,4	9,43	-2,57	-5,46
30noemr	7,5	1,4	12	6,22	-5,78	-4,08	6,7	-5,3	-4,46	7,1	-4,9	-4,75
24 dek.	5,6	-1,3	12	4,48	-7,52	-5,01	5,09	-6,91	-5,49	5,58	-6,42	-5,8
13 jan.	-4,7	-6,8	12	-1,06	-13,1	-6,49	-0,08	-12,1	-7,99	0,76	-11,2	-9,12
23 feb.	2,1	-8,8	12	-1,38	-13,4	-6,13	-0,54	-12,54	-6,85	0,16	-11,84	-7,62
1 mart	4,9	2,9	12	2,15	-9,85	-1,32	2,38	-9,62	-1,67	2,57	-9,43	-1,96
min.	-4,7	-8,8	12	-1,38	-13,4	-6,49	-0,54	-12,54	-7,99	0,04	-11,84	-9,12

4.2 Analiza na rezultate vo slučaj na preliven bran

Vo analizata e zemeno deka vodata počnuva da protokuva niz tunelot vo najtopliot den vo soodvetniot mesec. Temperaturata na vodata e poniska od momentalnata sredna temperatura na betonskata obloga i predizvikuva pointenzivno ladenje na nadvorešnata strana na oblogata, što e nepovolno od aspekt na možna pojava na prsnatini.



Slika 3: Vremenski razvoj na temperaturnoto pole vo betonskata obloga vo slučaj na preliven bran vo mesec Oktomvri (d=50cm)

Pri pomala debelina na betonskata obloga (d=50cm) najgolemata temperaturna razlika ΔT pomeđu dvata zida se javuva vo prvite 20 časa (slika 3), a potoa temperaturnoto pole poleka se stabilizira i teži kon stacionarno. Pri pogolema debelina na oblogata potreben e podolg vremenski period za temperaturata da navleze podlaboko vo oblogata i da se obezbedi stacionarnost na tokot. Vrz baza na izvršenite analizi može da se zakluči deka

kako najnepovoljen mesec se javuva mesec Oktomvri (slika 3, Tabela 3), koga posle podolg period od topli denovi naiduva preleven bran so niska temperatura ($T=4^{\circ}\text{C}$), no i pokraj toa srednata temperatura T_{sr} i temperaturnata razlika ΔT što pritoa se dobivaat se popovolni od istite dobieni za prazen tunel vo mesec Februari.

Tabela 3.

mesec oktombri 1985 god, voden bran na 4-ti oktombri													
den	$T_{voz. vo tunnel}$			obloga d=50cm.					obloga d=70cm.				
				$T_{sr} vo bet.$		ΔT_{sr}	$\Delta T vo bet$		$T_{sr} vo bet.$		ΔT_{sr}	$\Delta T vo bet$	
	13č.	5č.	T_o	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.
1	17,1	7,4	12	13,76	12,58	0,58	1,49	-3,43	13,73	12,85	0,85	0,91	-3,15
2	18,2	6,1	12	13,73	12,32	0,32	2,08	-4,02	13,68	12,62	0,62	1,34	-3,65
3	19,3	5,4	12	13,76	12,21	0,21	2,73	-4,26	13,67	12,52	0,52	1,87	-3,79
4	4	4	12	12,11	10,17	-1,83	-3,3	-6,3	12,48	10,3	-1,7	-3,36	-7,05
5	4	4	12	9,37	8,36	-3,64	-6,1	-5,4	10,24	9,21	-2,8	-7,05	-6,66
6	4	4	12	8,35	7,8	-4,2	-5,4	-4,9	9,2	8,58	-3,4	-6,66	-6,16
7	19,7	4,9	12	10,79	7,88	-4,12	4,51	-4,39	10,78	8,63	-3,37	2,61	-5,82
8	19,3	6,9	12	12,08	11,16	-0,84	4,38	-1,97	11,82	10,36	-1,64	3,39	-1,83
9	18,6	6,2	12	12,64	11,38	-0,62	3,67	-2,76	12,37	11,5	-0,5	3,04	-2,21
max.	19,7	11,3	12	13,76	12,58	0,58	4,51	-1,97	13,73	12,85	0,85	3,39	-1,83
min.	4	4	12	8,35	7,8	-4,2	-6,1	-6,3	9,2	8,58	-3,4	-7,05	-7,05

LITERATURA

- [1] Cvetkovska, M.: Primena na MKE za opredeluvanje na temperaturna raspredelba vo konstrukcii i analiza na sostojba na napreganja i deformacii, Magistarski trud, Skopje, 1992
- [2] Cvetkovska, M.: Proekt za termička analiza na optočen tunel na lačna brana "Sv.Petka", Gradežen fakultet, Skopje, 2003

THERMAL ANALYSIS OF OUTLET TUNNEL OF ARCH DAM „SV.PETKA”

Summary: The thermal analysis results for the outlet tunnel of arch dam „Sv.Petka” near Skopje are presented in this paper. Depending on the changes of the ambient temperature during the day of a typical year and the temperature of the eventual water flow in the tunnel, the average temperature T_{sr} and the temperature difference on the both sides of the cross section ΔT are defined.

Key words: Thermal analysis, outlet tunnel, ambient temperature,

UTICAJ PRIMENE EVROKODOVA ZA KONSTRUKCIJE NA INVESTITOROV PRISTUP PROJEKTOVANJU

Zoran Đorđević¹,

UDK:006.77:005:69

Rezime: U ovom radu autor iznosi kratak pregled specifičnosti primene Evrokodova za konstrukcije u projektovanju. Iznete su procene promena do kojih će doći u pristupu projektovanju od strane investitora.

Ključne reči: Evrokodovi za konstrukcije, menadžment u građevinarstvu, investitor, projektovanje, građevinarstvo

1 UVOD

Evropski komitet za standardizaciju CEN (<http://www.cenorm.be>) je 2005. godine počeo sa izdavanjem Evropskih standarda za konstrukcije (Evrokodova). Izdavanje standarda treba da bude završeno do kraja 2006. godine. Svi lokalni standardi koji nisu u skladu sa CEN standardom moraju biti ukinuti ili izmenjeni do 2010. godine.

U ovom trenutku (april 2006. godine) u organizaciji Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Jugoslovenskog društva građevinskih konstruktera prevedeni su na naš jezik i objavljeni sledeći Evrokodovi za konstrukcije:

- EC0 – Osnove proračuna konstrukcija
- EC2 – Proračun betonskih konstrukcija
 - Deo 1-1 Opšta pravila i pravila za zgrade
- EC3 – Proračun čeličnih konstrukcija
 - Deo 1-1 Opšta pravila i pravila za zgrade
 - Deo 1-8 Proračun veza
- EC4 – Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona
 - Deo 1-1 Opšta pravila i pravila za zgrade

Očekuje se da će tokom 2006. godine do sada prevedeni Evrokodovi postati naši nacionalni standardi. Takođe, očekuje se da će biti preveden još jedan broj novoobjavljenih Evrokodova i da će biti doneta odluka da se neki od Evrokodova proglase našim nacionalnim standardima na engleskom jeziku.

¹ dr Zoran Đorđević, dipl inž građ., YU Build, Beograd, Pajsijeva 3, tel: (011) 2-686-176,
e-mail: zoran@yu-build.co.yu

Pored toga što će dovesti do velikih izmena u načinu proračuna i konstruisanja građevinskih konstrukcija, usvajanje Evrokodova će veoma mnogo uticati i na investitore i njihovo opredeljivanje za buduća konstruktivna rešenja.

U ovom radu autor iznosi svoje viđenje o tome kakve se promene mogu očekivati u opredeljenjima budućih investitora posle početka primena Evrokodova za konstrukcije kao nacionalnih standarda SCG.

2 SPECIFIČNOSTI PRORAČUNA KONSTRUKCIJA PO EVROKODOVIMA

2.1 Osnove proračuna konstrukcija

Evrokodovi za konstrukcije donose koncept da se sve konstrukcije proračunavaju na osnovu istih principa, nezavisno od korišćenih materijala i tipa konstrukcije. Definisano je da se sve konstrukcije proračunavaju na osnovu graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti, metodom parcijalnih koeficijenata. Interesantno je da pored parcijalnih koeficijenata za uticaje od dejstava, sada postoje i parcijalni koeficijenti za svojstva materijala ili proizvoda.

Uvedena je mogućnost upravljanja pouzdanošću putem izbora nivoa pouzdanosti konstrukcije, koji može da bude različit za granična stanja nosivosti i upotrebljivosti. Uvedene su kategorije proračunskog eksploatacionog veka konstrukcije, gde prva kategorija podrazumeva trajnost od 10 godina a poslednja, peta kategorija, predviđa trajnost od 100 godina.

Primena Evrokodova je složena jer zahteva poznavanje celog sistema Evrokodova i pratećih standarda koji se pozivaju jedni na druge. Ta složenost je velikom delom cena korišćenja jednog sveobuhvatnog sistema proračuna kao što su Evrokodovi i primene jedinstvenih metoda proračuna nezavisno od primenjenih materijala. Evrokodovi daju prilično detaljna uputstva za proračun konstrukcija. Takođe oni obuhvataju i dosta slučajeva koji našom tehničkom regulativom nisu obuhvaćeni ili nisu obuhvaćeni sa svih aspekata.

U Evrokodovima postoji znatan broj parametara čije vrednosti pojedine nacionalne organizacije za standardizaciju mogu da usvoje tako da se razlikuju od preporučenih vrednosti. Sa druge strane, sve tako usvojene vrednosti moraće da budu odobrene od strane CEN-a. Zato se očekuje da će za relativno mali broj nacionalnih parametara zaista biti usvojene vrednosti koje se razlikuju od preporučenih.

2.2 Proračun betonskih konstrukcija

Proračun betonskih konstrukcije se zasniva na sličnim principima kao važeći Pravilnik BAB 87. Najveća razlika između Evrokoda EC2 i PBAB 87 je što se u PBAB 87 koriste parcijalni koeficijenti samo za dejstva, dok EC2 razdvaja koeficijente za dejstva i materijale.

Neke preliminarne analize ukazuju da EC2 traži 5%-7% veći ukupni koeficijent sigurnosti za lom po betonu a 3%-4,5% manji ukupni koeficijent sigurnosti za lom po armaturi nego PBAB 87

Posebna pažnja je posvećena trajnosti konstrukcija. Kao posledica toga, uvedene su „klase izloženosti konstrukcije u zavisnosti od uslova sredine“. Propisane su minimalne klase čvrstoće betona za različite klase izloženosti. Takođe, minimalni zaštitni slojevi su znatno veći po EC2 nego po PBAB 87 i iznose od 10mm do 65mm.

2.3 Proračun čeličnih konstrukcija

Evrokod za proračun čeličnih konstrukcija EC3, zajedno sa EC0 uvodi potpuno drugačiji koncept proračuna u odnosu na važeće nacionalne standarde. Čelične konstrukcije se više ne računaju na osnovu dozvoljenih napona nego na osnovu graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti, metodom parcijalnih koeficijenata.

Na osnovu nekih preliminarne analize možemo doći do zaključka da proračun po EC3 omogućava racionalnije ili znatno racionalnije konstrukcije nego naši važeći nacionalni propisi.

2.4 Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona

Evrokod za proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona EC4 je u duhu Evrokodova napisan tako da se u velikoj meri poziva na druge Evrokodove, posebno EC0, EC2 i EC3. U njemu su obrađene samo specifičnosti koje se odnose na sprezanje čelika i betona u konstrukcijama.

Sa druge strane, EC4 obrađuje probleme proračuna spregnutih konstrukcija mnogo detaljnije nego naši nacionalni standardi. Takođe, kao i ostali Evrokodovi, EC4 uvodi proračun na osnovu graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti, metodom parcijalnih koeficijenata. To predstavlja značajnu razliku u odnosu na važeće nacionalne propise koji su bazirani na graničnim stanjima sa globalnim koeficijentom sigurnosti.

U EC4 posebno su obrađene spregnute grede, spregnute ploče sa profilisanim limovima i spregnuti stubovi. U svim navedenim slučajevima su dati detalji tipičnih poprečnih preseka i detalji ostvarivanja sprezanja između čelika i betona.

3 UTICAJ UVOĐENJA EVROKODOVA NA IZBOR OPTIMALNOG KONSTRUKTIVNOG REŠENJA

Kao što je ranije opisano, proračun konstrukcija po Evrokodovima zahteva znatno količinu novog znanja i dosta složenije proračune nego trenutno važeći nacionalni propisi SCG. Jedna od praktičnih posledica je da će se potpuno izgubiti metod „pešačkog“ proračuna konstrukcija tako da će gotovo svi budući proračuni morati da budu obavljani uz pomoć računara.

Takođe, na osnovu trenutno raspoloživih analiza, može se smatrati da će betonske konstrukcije projektovane po Evrokodovima biti manje ekonomične od konstrukcija projektovanih po PBAB 87. To se posebno odnosi na konstrukcije koje se proračunavaju na lom po betonu, ali i za ostale betonske konstrukcije. Pojava zaštitnog sloja debljine od 10mm do 65mm, koji će uz to morati da se posebno armira, dovešće do povećanja opterećenja od težine konstrukcije bez povećanja njene nosivosti.

Čelične konstrukcije proračunate po Evrokodovima, na osnovu preliminarnih analiza, biće ekonomičnije ili znatno ekonomičnije od onih koje su proračunate na osnovu važećih nacionalnih propisa. Najveće ograničenje koje se može pojaviti je neophodnost da svi čelici koji se koriste za takve konstrukcije zadovolje odgovarajuće evropske standarde. Ali, kako se najveći deo konstruktivnog čelika u SCG uvozi, verovatno se u praksi nećemo suočiti sa tim problemima.

Spregnute konstrukcije od čelika i betona su veoma detaljno obrađene u Evrokodovima, čime su širom otvorena vrata za njihovu primenu. Konstrukteri koji su i do sada znali da može biti veoma ekonomično napraviti konstrukciju u kojoj će čelik nositi napone zatezanja a beton napone pritiska, sada su dobili detaljno uputstvo kako da takvo rešenje primene u praksi.

4 IZBORI KOJE INVESTITORI MORAJU DA NAPRAVE PRILIKOM PRIPREME PROJEKTOG ZADATKA

U Evrokodovima se pojavljuju novi parametri projektovanja konstrukcija na koje investitor treba i mora da ima uticaj. To se posebno odnosi izbor traženog nivoa pouzdanosti konstrukcije, posebno za granično stanje nosivosti i za granično stanje upotrebljivosti, kao i na određivanje eksploatacionog veka konstrukcije. Ovi parametri su bili „intuitivno“ ugrađeni u trenutno važeće nacionalne standarde SCG a njihov uticaj na proračun, u granicama propisa, uglavnom je određivao projektant.

Sa uvođenjem Evrokodova investitor dobija dužnost da se eksplicitno izjasni o željenom nivou pouzdanosti konstrukcije i to odvojeno za nosivost i upotrebljivost. Takođe, investitor mora da unapred propiše eksploatacioni vek konstrukcije, imajući u vidu svoje potrebe i zahteve tržišta.

5 OČEKIVANI PRISTUP INVESTITORA PROJEKTOVANJU KONSTRUKCIJA PO EVROKODOVIMA

Kada Evrokodovi za konstrukcije postanu nacionalni standardi u SCG, investitori će morati da donose odluke o izboru konstrukcije u znatno izmenjenom okruženju.

Prvo, realno je da se očekuje da će tržištem dominirati projektantske kuće koje svoj posao obavljaju isključivo korišćenjem softvera koje obezbeđuje visoku produktivnost. Struktura troškova takvih projektantskih kuća veoma će se razlikovati od strukture troškova koja je danas uobičajena. Dominiraće troškovi nabavke softvera i troškovi rada visokokvalifikovanih projektanata, dok će ostali troškovi biti znatno manji.

Takva struktura troškova i pripadajuća tehnologija rada stvorice situaciju da projektantske kuće budu u mogućnosti da drugu, treću, ili n-tu verziju projektne dokumentacije urade za mali deo cene prve verzije projekta. Time će se otvoriti nove mogućnosti za investitore koji će drugačije vrednovati rad projektantskih kuća.

Može se očekivati da će investitori biti veoma zainteresovani da od projektantske kuće naruče nekoliko verzija projekta konstrukcije, često i u sasvim različitim materijalima. Zbog preovlađujuće strukture troškova, projekat konstrukcije koje ima, na primer, pet verzija, verovatno će koštati do 50% više od projekta konstrukcije koji ima samo jednu verziju.

Povećanje troškova koje će investitor imati zbog povećanog broja verzija projekta će se višestruko isplatiti kroz nove mogućnosti koje će dobiti. Investitor će moći da zaista izabere optimalnu verziju projekta, ne po kriterijumima projektanta nego po sopstvenim kriterijumima. Takođe, investitor će biti u mogućnosti da prikuplja ponude za izvođenje konstrukcije na znatno većem tržištu i od izvođača koji su specijalizovani za razne tipove konstrukcija: betonske, čelične, spregnute, ...

6 IZMENE U PRISTUPU INVESTITORA PROJEKTOVANJU KONSTRUKCIJA NA MEĐUNARODNOM TRŽIŠTU

Uvođenje Evrokodova za konstrukcije u EU i u državama koje teže da postanu članice EU najverovatnije će dovesti do velike promena u odnosu snaga na tržištu projektantskih usluga.

Do sada, projektant koji je trebao da radi, na primer, u Francuskoj morao je da ima ozbiljno iskustvo u projektovanju po francuskim propisima. Iskustvo u projektovanju po DIN-u moglo je da bude korisno ali nije bilo dovoljno.

Posle uvođenja Evrokodova, projektantsko iskustvo za rad po francuskim, nemačkim, britanskim ili nekim drugim propisima je korisno ali je daleko od dovoljnog. Sa druge strane, ako neko poseduje iskustvo u projektovanju po Evrokodovima stečeno u Srbiji, to iskustvo je sasvim dovoljno da projektuje po Evrokodovima u celoj EU.

Drugim rečima, tržište projektovanja građevinskih konstrukcija u EU i državama kandidatima će postati gotovo potpuno otvoreno. Moderne komunikacione tehnologije oslonjene na Internet i velike razlike u nivou plata između država članica omogućice investitorima u celoj EU da traže i nađu projektantske kuće koje nude najbolje uslove za izradu projekata. Gotovo je sigurno da takve kuće neće angažovati projektante iz najrazvijenijih država EU.

7 ZAKLJUČAK

Uvođenje Evrokodova za konstrukcije u građevinarstvu EU i država kandidata dovešće do značajnih promena u ponašanju investitora. Može se očekivati da će investitori biti u situaciji da se opredeljuju za drugačije tipove konstrukcija, da detaljnije definišu parametre eksploatacije konstrukcije, da usvoje drugačije kriterijume prilikom

vrednovanja rada projektanata i da budu u mogućnosti da svoje potrebe za projektima građevinskih konstrukcija zadovoljavaju na mnogo većem i kompetitivnijem tržištu projektantskih usluga.

Takođe, uvođenje Evrokodova za konstrukcije stavlja sve građevinske projektante sadašnjih i budućih članica EU u isti ili vrlo sličan početni položaj. Izgubiće se prednosti koji je svaki projektant imao na „svom“ tržištu a investitori će imati znatno više mogućnosti da izaberu rešenja koja su optimalna za njih.

8 LITERATURA

- [1] Ačić, M., Perišić, Ž.: Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [2] Bijlaard, F. S. K.: *Eurocode 3: Design of steel structures*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [3] Čukić, D., Deretić-Stojanović B.: *Evrokod 4: Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [4] Đorđević, Z.: *Mogućnosti ekspanzije građevinarstva SCG kroz usvajanje Evrokodova*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [5] Marković, Z.: Evrokod 3: Proračun čeličnih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [6] Marković, Z.: *Evrokod 3: Proračun čeličnih konstrukcija, Deo 1-8: Proračun veza*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [7] Pakvor, A.: *Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [8] Pavković Bugarski, Lj.: *Uloga standardizacije u procesu harmonizacije sa EU*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [9] Perišić, Ž.: *Evrokodovi za konstrukcije i naše građevinarstvo*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [10] Perišić, Ž.: *Evrokod 2: Deo 1-1: Nacionalni parametri*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.
- [11] Wallraven, J.: *Eurocode 2: Concrete structures – Basics and backgrounds*, Seminar „Evrokodovi za konstrukcije“, Beograd, mart 2006.

IMPACT OF STRUCTURAL EUROCODES ON CLIENT'S BEHAVIOR DURING DESIGN PROCESS

Summary: *In this paper the author gives a short overview of characteristics of the application of Structural Eurocodes in the structural design process. Estimates of likely changes of the client's behavior during the design process are presented..*

Key words: *Structural Eurocodes, construction management, client, design, construction*

JEDNA METODA PRORAČUNA NAPONA I DEFORMACIJA PREDNAPREGNUTIH PRESEKA

Mihajlo Đurđević¹

UDK: 666.982.4:624.044

Rezime: U radu je prikazana jedna metoda proračuna napona i dilatacija prethodno napregnutih poprečnih preseka. Metoda proračuna zasniva se na praktičnoj metodi za direktno izračunavanje dilatacija pod promenljivim naponima, zvane "Metoda korigovanog efektivnog modula". Uslovne jednačine ravnoteže izvedene su korišćenjem izvoda deformacionog rada.

Ključne reči: Prethodno napregnuti beton, stanje napona i dilatacija, tečenje i skupljanje betona.

1. UVOD

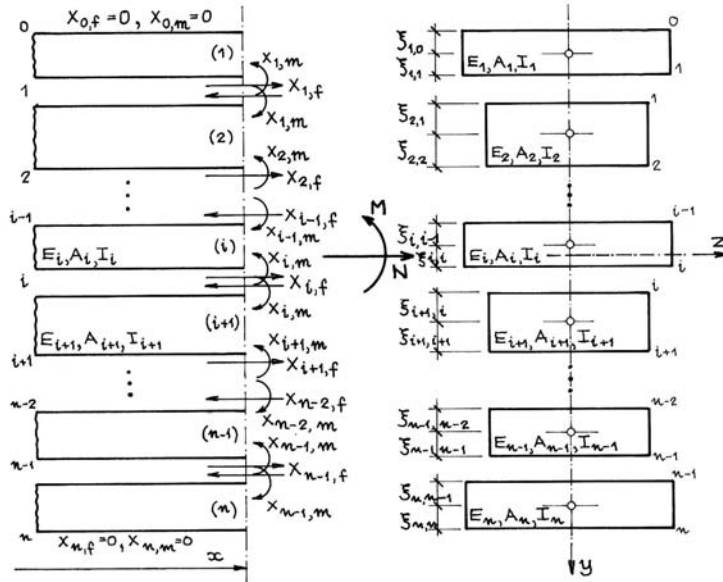
Razvijene metode teorije elastičnosti omogućavaju proračun napona i deformacija složenih prethodno napregnutih nosača, ali osnovni nedostatak ovih metoda je u tome da se one baziraju na pretpostavkama Hooke-ovog materijala, odnosno linearne veze napona i dilatacija, koje važe za idealno elastično telo. Beton ima naglašene osobine tečenja i skupljanja, što značajno utiče na raspodelu napona i dilatacija u poprečnom preseku. Mnogi autori, pozivajući se na teorijska i eksperimentalna istraživanja, smatraju da ovi efekti nemaju praktičnog značaja na granični kapacitet nosivosti [1, 2], s obzirom na relativno veliki prag plastičnog tečenja čelika. Ipak, ovi efekti svakako utiču na raspodelu napona za eksploataciono opterećenje i naročito na veličinu ugiba i veličinu gubitaka sile prethodnog naprezanja, pa se sa tog aspekta o njima mora voditi računa.

2. METODA DEFORMACIONOG RADA ZA PRORAČUNA NAPONA POPREČNIH PRESEKA

Posmatra se spregnuti linijski element konstrukcije u obliku "sendviča", tj. element nastao sprežanjem više slojeva sastavljenih od materijala različitih reoloških osobina (sl. 1). U posmatranom poprečnom preseku na udaljenju x deluje normalna sila N (pozitivna je sila zatezanja) i moment savijanja M (pozitivan je moment koji zateže

¹) Prof. Dr Mihajlo Đurđević, dipl.grad.inž. Građevinski fakultet u Beogradu. Bul. Kralja Aleksandra 73, mika@imk.grf.bg.ac.yu

vlakno sa pozitivnom ordinatom y). Ukupni uticaji u preseku (M i N) predstavljaju



Sl. 1 – Poprečni presek elementa rastavljen na elementarne delove

rezultantu spoljašnjih uticaja raspoređenih na pojedine sastavne elemente "sendviča", tj:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i^o \quad (1)$$

$$M = \sum_{i=1}^n M_i^o + \sum_{i=1}^n N_i^o \cdot y_{si}$$

gde su:

- N_i^o i M_i^o - spoljašnji uticaji na elementu "i" redukovani na težište tog elementa;
- y_{si} - udaljenje težišta "i" u globalnom koordinatnom sistemu $X0Y$ (u odnosu na gornju ivicu poprečnog preseka).

U području eksploatacionih opterećenja zadržane su u važnosti Bernoulli-eva hipoteza ravnih preseka i Navier-ova pretpostavka linearne raspodele napona po visini preseka, odnosno usvojena je linearna zavisnost napona i dilatacija. Pri tome, za vezu napon-dilatacija ($\sigma - \varepsilon$) u opštem slučaju usvojena je algebarska veza linearne teorije tečenja u opštem obliku [3, 4]:

$$\varepsilon_{bt} = \frac{1}{E_{bt}^*} \cdot \sigma_{bt} + \frac{\rho_t}{E_{bt}^*} \cdot \sigma_{bo} + \varepsilon_t^o \quad (2)$$

gde su uvedene oznake:

ε_t^o - dilatacija nenaponskog karaktera (skupljanje i bubrenje, temperaturne promene i sl.),

σ_{bt} - napon u vremenu t , σ_{bo} - početni napon u vremenu $t = t_o = 0$,

$$\rho_t = \left(1 - \frac{E_{bt}^*}{E_{bo}} \right) = \frac{\varphi_t (1 - \chi_t)}{1 + \chi_t \cdot \varphi_t} \quad (3)$$

Izraz (2) rešen po naponu u trenutku t glasi [5]:

$$\sigma_{bt} = E_{bt}^* \cdot \varepsilon_{bt} - \rho_t \cdot \sigma_{bo} - E_{bt}^* \cdot \varepsilon_t^o \quad (4)$$

Specifičan deformacioni rad u trenutku t može se napisati u obliku:

$$\frac{dA_t}{dV} = \int_0^{\sigma_t} \varepsilon_{bt} d\sigma_{bt} \quad (5)$$

Izrazi za napone elementa "i" glase:

$$\begin{aligned} \sigma_{bt,i} &= \frac{N_{t,i}}{A_i} + \frac{M_{t,i}}{I_i} \cdot \bar{y}_i \\ \sigma_{bo,i} &= \frac{N_{o,i}}{A_i} + \frac{M_{o,i}}{I_i} \cdot \bar{y}_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (6)$$

gde je:

$N_{t,i}$ ($N_{o,i}$) - normalna sila u preseku x elementa i ,

$M_{t,i}$ ($M_{o,i}$) - momenat savijanja u preseku x elementa i ,

A_i , I_i - površina i moment inercije poprečnog preseka elementa i ,

\bar{y}_i - rastojanje posmatranog vlakna od težišta elementa i u lokalnom koordinatnom sistemu.

Za kablove za prethodno naprezanje je $I_i = 0$.

Ako usvojimo da su elementi "slojeva" sendviča konstantnog poprečnog preseka, onda se može pisati:

$$dV_i = dA_i dx$$

odnosno,

$$\int_{V_i} f(x, y) dV_i = \int_x dx \int_{A_i} f(x, y) dA_i, \text{ pri čemu je: } \int_{A_i} \bar{y}_i^2 dA_i = I_i \quad \int_{A_i} dA_i = A_i$$

pa se izraz (5) posle kraćih algebarskih transformacija može napisati u obliku:

$$A_i = \sum_{i=1}^n \int_x \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{E_{bt,i}^*} \cdot \left(\frac{N_{t,i}^2}{A_i} + \frac{M_{t,i}^2}{I_i} \right) + \frac{\rho_{t,i}}{E_{bt,i}^*} \left(\frac{N_{o,i} \cdot N_{t,i}}{A_i} + \frac{M_{o,i} \cdot M_{t,i}}{I_i} \right) + \varepsilon_{t,i}^o \cdot N_{t,i} \right] dx$$

Ako se svaki sloj elementa razdvoji i posmatra odvojeno, pri čemu se uticaj veza sa susednim elementima zameni odgovarajućim generalisanim silama (*sl. 1*), onda se za bilo koji element "i" mogu ispisati izrazi za odgovarajuće sile u preseku sa apscisom x [6]:

$$\begin{aligned} M_{t,i} &= X_{i-1,f} \cdot \xi_{i,i-1} + X_{i,f} \cdot \xi_{i,i} - X_{i-1,m} + X_{i,m} + M_i^o \\ N_{t,i} &= -X_{i-1,f} + X_{i,f} + N_i^o \end{aligned} \quad (7)$$

pri čemu je pretpostavljeno da je:

$$\begin{aligned} X_{o,f} &= X_{n,f} = 0 \\ X_{o,m} &= X_{n,m} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Uslovi poklapanja generalisanih deformacija na spoju susednih elemenata sadržani su u izrazima:

$$\begin{aligned} \frac{\partial A_i}{\partial X_{k,f}} &= 0 \\ \frac{\partial A_i}{\partial X_{k,m}} &= 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n-1) \end{aligned} \quad (9)$$

Uzimajući u obzir (7) ovi uslovi glase:

$$\begin{aligned} \frac{\partial A_i}{\partial X_{k,f}} &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{bt,i}^*} \cdot \left(\frac{N_{t,i}}{A_i} \cdot \frac{\partial N_{t,i}}{\partial X_{k,f}} + \frac{M_{t,i}}{I_i} \cdot \frac{\partial M_{t,i}}{\partial X_{k,f}} \right) + \\ &+ \frac{\rho_{t,i}}{E_{bt,i}^*} \left(\frac{N_{o,i}}{A_i} \cdot \frac{\partial N_{t,i}}{\partial X_{k,f}} + \frac{M_{o,i}}{I_i} \cdot \frac{\partial M_{t,i}}{\partial X_{k,f}} \right) + \varepsilon_{t,i}^o \cdot \frac{\partial N_{t,i}}{\partial X_{k,f}} = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{\partial A_i}{\partial X_{k,m}} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{E_{bt,i}^*} \cdot \frac{M_{t,i}}{I_i} \cdot \frac{\partial M_{t,i}}{\partial X_{k,m}} + \frac{\rho_{t,i}}{E_{bt,i}^*} \cdot \frac{M_{o,i}}{I_i} \cdot \frac{\partial M_{t,i}}{\partial X_{k,m}} \right] = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n-1)$$

Posle kraćih algebarskih transformacija, uslovi poklapanja deformacija (9) mogu se ispisati u obliku **uslovnih jednačina**:

$$\begin{aligned}
& X_{k-1,f} \cdot i_k \cdot (-1 + \alpha_{k,k-1} \cdot \alpha_{k,k}) + X_{k,f} \cdot i_k \cdot \left[1 + \alpha_{k,k}^2 + \frac{p_k}{\mu_k} (1 + \alpha_{k+1,k}^2) \right] + \\
& + X_{k+1,f} \cdot \frac{p_k}{\mu_k} \cdot i_k \cdot (-1 + \alpha_{k+1,k} \alpha_{k+1,k+1}) - X_{k-1,m} \cdot \alpha_{k,k} + \\
& + X_{k,m} \cdot \left[\alpha_{k,k} - \frac{p_k}{\mu_k} \cdot \frac{\alpha_{k+1,k}}{\beta_k} \right] + X_{k+1,m} \cdot \frac{p_k}{\mu_k} \cdot \frac{\alpha_{k+1,k}}{\beta_k} + C_k + C_{\varepsilon k} = 0 \quad (11)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{k-1,f} \cdot \alpha_{k,k-1} + X_{k,f} \cdot \left(\alpha_{k,k} - \frac{p_k}{\mu_k} \cdot \frac{\alpha_{k+1,k}}{\beta_k} \right) - X_{k+1,f} \cdot \frac{p_k}{\mu_k} \cdot \frac{\alpha_{k+1,k+1}}{\beta_k} - X_{k-1,m} \cdot \frac{1}{i_k} + \\
& + X_{k,m} \cdot \frac{1}{i_k} \left(1 + \frac{p_k}{\mu_k \cdot \beta_k^2} \right) - X_{k+1,m} \cdot \frac{1}{i_k} \cdot \frac{p_k}{\mu_k \cdot \beta_k^2} + B_k = 0
\end{aligned}$$

(k = 1, 2, ..., n - 1)

gde su uvedene oznake:

$$\begin{aligned}
C_k &= i_k (\rho_{t,k} \cdot N_{o,k} + N_k^o) + \alpha_{k,k} (\rho_{t,k} \cdot M_{o,k} + M_k^o) + \\
& + \frac{p_k}{\mu_k} \cdot \left[-i_k (\rho_{t,k+1} \cdot N_{o,k+1} + N_{k+1}^o) + \frac{\alpha_{k+1,k}}{\beta_k} (\rho_{t,k+1} M_{o,k+1} + M_{k+1}^o) \right] \quad (12a)
\end{aligned}$$

$$C_{\varepsilon k} = i_k \cdot E_{bt,k}^* \cdot A_k \cdot (\varepsilon_k^o - \varepsilon_{k+1}^o) \quad (12b)$$

$$B_k = \frac{1}{i_k} (\rho_{t,k} M_{o,k} + M_k^o) - \frac{p_k}{\mu_k \beta_k i_{k+1}} (\rho_{t,k+1} \cdot M_{o,k+1} + M_{k+1}^o) \quad (12c)$$

$$\begin{aligned}
i_k &= \sqrt{\frac{I_k}{A_k}}; & \alpha_{k,j} &= \frac{\xi_{k,j}}{i_k} & (j = k, k+1); & \beta_k &= \frac{i_{k+1}}{i_k} \\
\mu_k &= \frac{A_{k+1}}{A_k}; & p_k &= \frac{E_{bt,k}^*}{E_{bt,k+1}^*}
\end{aligned}$$

$N_{o,k}$, $M_{o,k}$ - početna normalna sila i moment savijanja u preseku u trenutku vremena $t_o = 0$

U slučaju da veza $\sigma - \varepsilon$ za neki j -ti sloj elementa nije funkcija vremena t (za koga onda važi Hooke-ov zakon, kao na primer za kablove za prethodno naprezanje) je:

$$E_{bt,j}^* = E_{bo,j}; \quad \rho_{bt,j} = 0 \quad (13)$$

pa slobodni članovi (12) u uslovnim jednačinama (11) glase:

$$C_j = i_j \cdot N_j^o + \frac{E_j}{E_{bt,j+1}^* \cdot \mu_j} \cdot \left[-i_j (\rho_{bt,j+1} N_{o,j+1} + N_{j+1}^o) + \frac{\alpha_{j+1,j}}{\beta_j} (\rho_{bt,j+1} M_{o,j+1} + M_{j+1}^o) \right] \quad (14a)$$

$$C_{\varepsilon_j} = i_j \cdot E_j \cdot A_j \cdot (\varepsilon_j^o - \varepsilon_{j+1}^o) \quad (14b)$$

$$B_j = \frac{1}{i_j} \cdot M_j^o - \frac{E_j}{E_{bt,j+1}^* \cdot \mu_k \cdot \beta_k \cdot i_{k+1}} (\rho_{bt,j+1} \cdot M_{o,j+1} + M_{j+1}^o) \quad (14c)$$

U početnom trenutku vremena ($t_o = 0$) je:

$$E_{bo,i}^* = E_{bo,i}; \quad \rho_{bo,i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (15)$$

Prikazana metoda proračuna pogodna je za primenu na elektronskim računarima, jer se problem svodi na rešavanje sistema linearnih algebarskih jednačina, pa je programiranje veoma jednostavno.

LITERATURA

- [1] P. Dubas: Primena spregnutih konstrukcija u visokogradnji, časopis *Izgradnja*, posebno izdanje *Spregnute konstrukcije*, Beograd, 1972.
- [2] M. I. Viest: Review of Research on Composite Steel-Concrete Beams, *Jour. of the Structural Division, ASCE*, Vol. 86, No ST6, June 1960.
- [3] Z. P. Bazant: Prediction of Creep Effects Using Age-Adjusted Effective Modulus Method, *ACI Journal*, Vol. 69, No. 4, April 1972.
- [4] H. Trost: Auswirkungen des Superpositionsprinzips auf Kriech-und Relaxationsprobleme bei Beton und Spannbeton, *Beton-und Stahlbetonbau*, 62, No. 10, 1967, pp. 230-8; No. 11, 1967, pp. 261-9.
- [5] M. Đurić: Teorija spregnutih i prethodnonapregnutih konstrukcija, Naučno delo, Beograd, 1963.
- [6]: M. Ivković, M. Đurđević: Jedan postupak za proračun naprezanja u presecima spregnutih sistema, *XVII Kongres JDIMK*, Sarajevo, 1982. p. 431-441.

THE ESTIMATE METHOD OF STRESSIS AND STRAINS OF PRESTRESSED CROSS SECTIONS

Summary: In the paper is presents the estimate method of stressis and strains of prestressed cross sections. The method of estimate based on a practical method for directly computing the strains under a varying stressis, called "Age Adjusted Effective Modulus Method". The equilibrium equations are derived using a derivative of deformation work. The numerical example is presented.

Key words: Prestressed concrete, stage of stressis and strains, creep and shrinkage.

IDEJNO REŠENJE MOSTA PREKO REKE ĐETINJE U UŽICU – II NAGRADA

Autori: Srđan Gavrilović¹
Nenad Jakovljević²

UDK: 72.011:725.95

Rezime: U tekstu je prezentovan drugonagrađeni rad na konkursu za idejno rešenje mosta na Đetinji u Užicu, pod šifrom 152317, čiji su autori Srđan Gavrilović d.i.a. („Energokontakt Projektovanje”) i Nenad Jakovljević d.i.g. („Mostprojekt”). SO UŽICE, JP „DIREKCIJA za IZGRADNJU“, Užice i DRUŠTVO ARHITEKATA UŽICE su u februaru 2006.g. raspisale konkurs za izradu idejnog rešenja mosta. Cilj konkursa je bio da se obezbedi kvalitetno rešenje, koje će doprineti likovnom identitetu grada i integrisanosti mosta sa ambijentom. Povod za raspisivanje konkursa bio je zahtev projekta regulacije korita reke Đetinje koji nalaže zamenu potojećeg drvenog mosta novim širim pešačko - kolskim mostom.

Ključne riječi: Most preko Đetinje, idejno rešenje...

1. ZADATAK KONKURSA

Most predvideti kao kolsko-pešački sa dvosmernim režimom saobraćaja, za kretanje svih motornih vozila. Kolski saobraćaj je nižeg inteziteta, a pešački značajnog. Konstrukcija mosta treba da bude u duhu sa vremenom svojom materijalizacijom i formom.

Opremanje i uređenje mosta treba da ističe pešačku vezu između obala reke (mobilijar, osvetljenje, obrada, moguće uvođenje zelenila...).

Dozvoljeno je osmisliti sadržaje kojima bi se istakla ova veza kao promenade, odnosno mesta koja imaju gravitacionu ulogu za pešake, po ponudi i sadržaju prostorno motivisanih žižnih tačaka. Ne postoje ograničenja u izboru konstruktivnih sistema, primenjenih materijala ukoliko su opravdani svrhom, formom i funkcijom mosta, kao i njegovom veličinom. Radovi će biti vrednovani prema sledećim kriterijumima: kvalitet urbanističkog rešenja, konstruktivno rešenje, oblikovanje objekta, izvodljivost.

2. URBANISTIČKA DISPOZICIJA

Imajući u vidu poziciju starog drvenog mosta preko Đetinje u odnosu na uže ali i šire okruženje, datoj temi se pristupilo sa aspekta sagledavanja logičkih tokova u funkcionalno – prostornom kontekstu i ono predstavlja izraz traženja logike veze ne samo postojeće gradske matrice i njenih obala iz kojih proističe blaga zalučenost mosta već i dubljeg semantičko simboličkog odnosa obala.

¹ Srđan Gavrilović, dipl.inž.arh., „Energokontakt Projektovanje” Beograd, ek_biro@beotel.yu

² Nenad Jakovljević, dipl.inž.grad., „Mostprojekt” Beograd, mostprojekt@YUBC.net

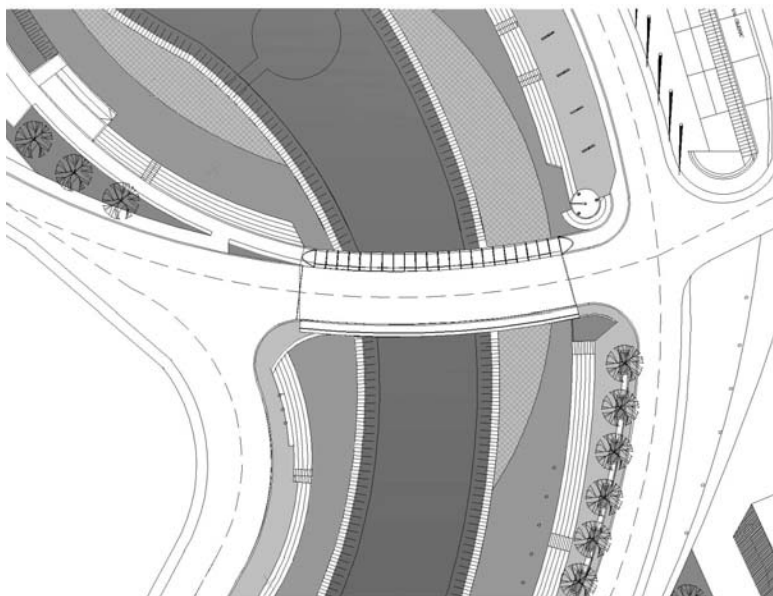
Pozicija mosta na Đetinji predstavlja logičan „TOK“ kao veza sa centrom kroz ulicu Strahinjića Bana i predstavlja logično mesto veze dve obale.

U kontekstu šireg okruženja veza između obala ostvaruje se preko još pet postojećih mostova ali samo je most, koji je predmet konkursnog rada, direktna veza centralnog gradskog trga sa drugom obalom i u tom kontekstu predstavlja značajnu, pre svega pešačku komunikaciju - „PREVEZ“.

Prostor između obala po konturama novoprojektovanog korita formira „AMFITEATAR“, kao izraz forme i time daje naglasak na tačku susreta otvarajući prostor za formiranje i proširenje programskog zadatka kroz mogućnost formiranja pozornice na otvorenom. Tako most, zajedno sa svojim okruženjem, koje jeste njegov integralni deo postaje mesto „SUSRETA“ i „RAZGOVORA“ obala ali ne više samo u vizuelnom smislu.

Osnovni elementi semantike takvog prostora jesu „RIBA“, kao konstitutivni element i prostorno formalna nadogradnja, „PREMOŠČAVANJE“ kao idejna osnova mosta u prostorno funkcionalnom ali i simboličkom smislu, „JATO“ kao simbol kretanja ali ne samo preko mosta i obalama već i uspostavljanje jednog odnosa prema onom „LIKVIDNOM“ svetu ispod mosta, „RAZDVAJANJE“ kao posledica meandriranja prirodnog toka reke.

Ovakvo formirano „JEZGRO“ čini osnovu iz koje se dalje razvija struktura i menja tekstura grada na desnoj obali koja je do sada bila mesto „objekata niske spratnosti i objekata lošeg boniteta“. U dugoročnijem smislu afirmišu se postojeći sportski sadržaji čime se otvara tema formiranja nove gradske namenske zone sportskih objekata i pratećih sadržaja.



Slika 1. Osnova mosta sa parternim ređenjem

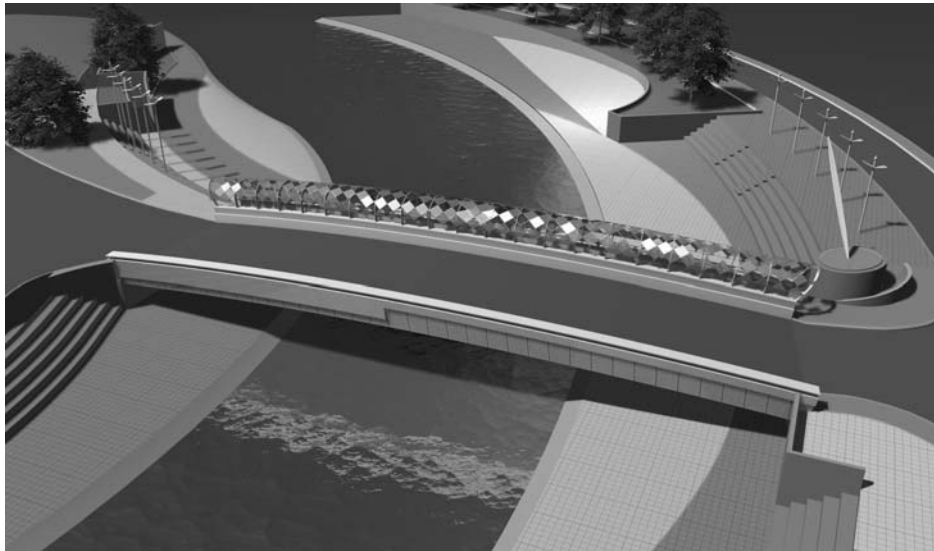
Formiranjem silaza sa mosta, neposrednih veza sa rekom preko rampi i stepeništa, amfiteatralnih ravni koje prate logiku formiranja prostora rečnog korita u celini, naglašava se potreba za širim sagledavanjem konteksta mosta kao generatora za dalji razvoj obalne i priobalne zone u funkcionalnom i sadržajnom smislu

3. ARHITEKTONSKA POSTAVKA MOSTA I MATERIJALIZACIJA

Most preko Đetinje „IZLIVA“ se iz ulice Strahinjića Bana i „ULIVA“ u postojeću urbanu matricu na drugoj obali. Blaga zakrivljenost mosta u odnosu na poziciju prethodnog mosta dodatno dinamizira prostor i naglašava već postojeću krivinu obala.

U oblikovnom smislu, most je blago zalučen i u odnosu na horizont obala kako bi se postigla željena visina u odnosu na šetnicu ispod mosta. Most je razdvojen na kolsku i pešačku zonu koje su i tretirane drugačije u obradi.

Pešačka zona je naglašena „IGLOM“ koja predstavlja sunčani časovnik. Šetnica je odvojena od kolske zone u fizičkom smislu i natkrivena je strukturalnom mrežom koja se pokriva na pojedinim mestima montažno demontažnim tekstilnim membranama, čija forma podseća na riblju KRLJUŠT koja pri različitim intenzitetima svetla menja boju u zavisnosti od doba dana ili modaliteta osvetljenja, koje se postavlja sa unutrašnje strane šetnice kao i na obalama reke. Ideja je da se oformi prostor koji će biti transparentan i koji će kretanjem kroz njega otvarati nove vizuelne senzacije na suprotnoj obali sa jedne ali i odvojiti saobraćajnu zonu od pešačke sa druge strane.

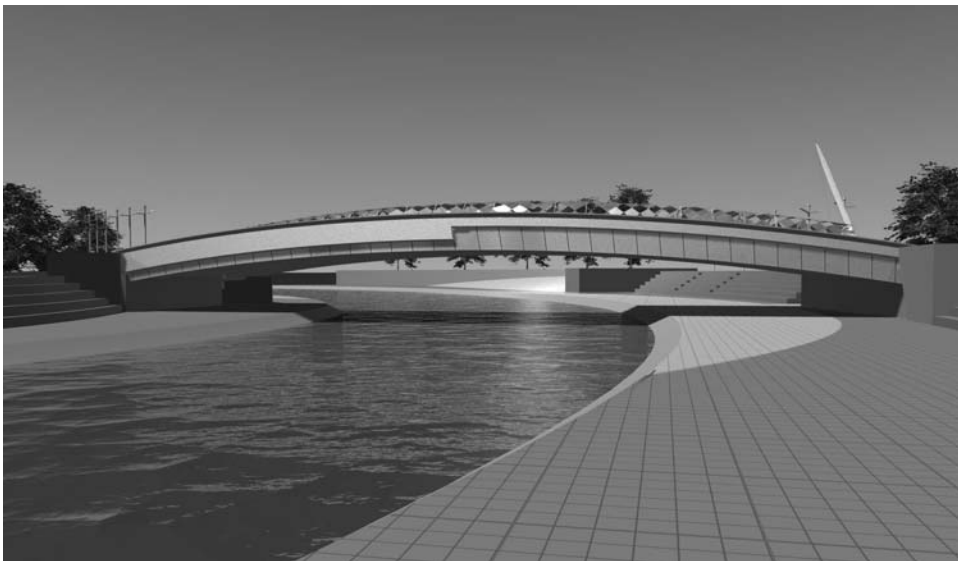


Slika 2. Izgled mosta, nizvodna strana - pogled iz vazduha

Strukturalna membrana rastegnuta je preko lake lamelirane drvene konstrukcije, kako bi most zadržao deo ranije materijalizacije, koja predstavlja deo sećanja korisnika prostora. Ideja je da raspored polja sa ispunom može da se promeni, kako bi se stvorila slika promenljivosti i toka likvidne materije ispod mosta – vode i ribe.

Bokovi mosta podsećaju na ribu koja je iskočila iz vode i u blagom luku se zabelasala svojim srebrnastim telom od lake aluminijumske obloge.

Rasveta na mostu je direktna i indirektna. Direktna je integrisana u zidove šetnice i predviđa se nekoliko modaliteta osvetljenja u smislu različitog kolorita svetla. Sa druge strane na takvoj poziciji, postavljanjem u zonu nogu šetača, izbegnuta je mogućnost



Slika 3. Izgled mosta, nizvodna strana

pojave bljeska koji bi bio neprijatan i pešacima i vozačima. Sa spoljašnje strane mosta rasveta je predviđena u donjoj zoni mosta kako bi se stvorio utisak „lebdenja“ u večernjim satima a u procepima na boku formira se kontinualna linija u obliku slova „Z“ koja naglašava potez koji formira most.

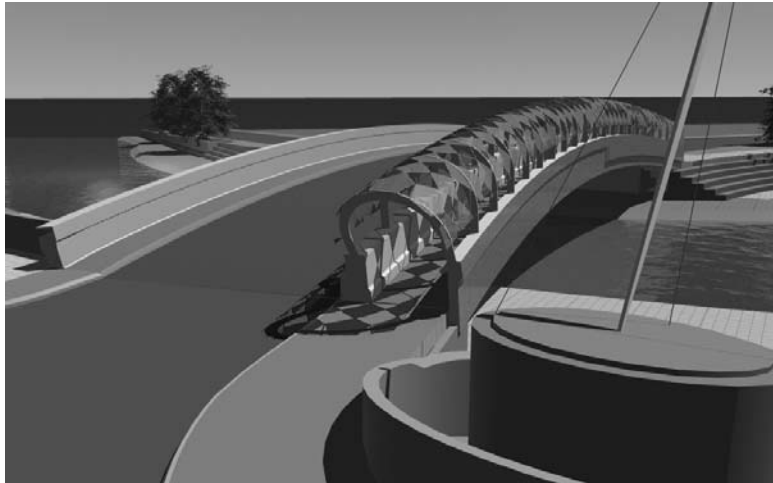
Indirektna rasveta podrazumeva na prvom mestu snažan reflektorski snop koji se nalazi na vrhu „IGLE“ koji ima za cilj da noću pozicionira most u odnosu na šire okruženje naprampostavljajući ga posmatraču kao svetionik.

Danju „IGLA“ predstavlja sunčani časovnik koji se povinuje vremenskim uslovima i kretanju sunca. Postavljena je na zakošeni postament uz drugačiju parternu obradu.

Pri izboru metoda išlo se na rešenje koje otvara mogućnosti promenljivosti ambijenta mosta u odnosu na okruženje.

Servisna staza predviđena je uz kolsku zonu i moguće je koristiti je kao pešačku zonu.

Ideja je formiranje prostora koji deluje kroz svoju „STRUKTURU“ i svojom „TEKSTUROM“. Prostora koji „kupi“ elemente okruženja koji su prisutni a to su sunce, vazduh, riba, voda, kamen, a u svom trodimenzionalnom pristupu nadograđuju dvodimenzionalno poimanje i definisanje tih elemenata determinišući ih kroz „KRLJUŠT“, „SUNČANI SAT“, tretmani platoa i šetnica.

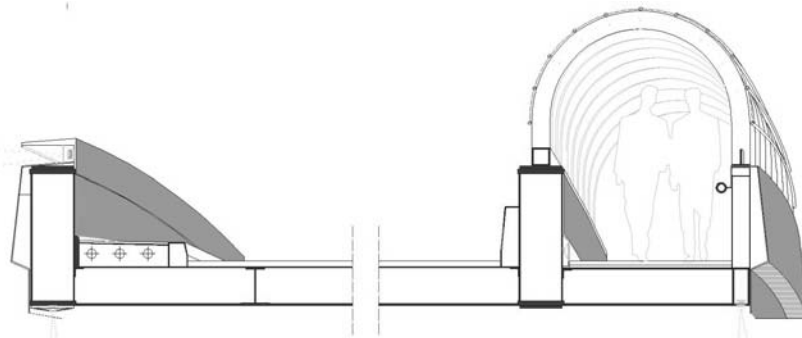


Slika 4. Izgled mosta, pogled sa leve obale

4. KONSTRUKCIJA

Niveleta i ograničena visina konstrukcije mosta usloveli su rešenje sa visinom konstrukcije od 40cm. Raspon mosta je 37.0m. Ukupna širina kolovoza na mostu je 7.0m sa pešačkom stazom u okviru profila od 1.20m i 1.80m. Most je u blagoj vertikalnoj i horizontalnoj krivini.

Usvojeno konstruktivno rešenje, obzirom na raspon i širinu kolovoza je sa parom glavnih nosača i upuštenim kolovozom.



Slika 5. Poprečni presek mosta

Nosači su na međusobnom rastojanju od 8.70m itri sekundarna podužna nosača I-preseka, ukupne visine 400mm. Poprečni nosači su visine 350mm, na svakih 2.0m.

Glavni nosači su čelični, sandučastog poprečnog preseka, širine 500mm i visine 1500mm. Konstrukcija pešačke staze se izvodi kao aneksna konstrukcija, konzolno pridržana na jedan od glavnih nosača. Glavni nosači preko neoprenskih ležišta prenose ukupno vertikalno i horizontalno opterećenje na armiranobetonsko obalne oporce.

LITERATURA

- [1] J. C. McCormac: "Structural Steel Design", HarperCollins College Publishers, New York, 1995, 253p
- [2] D. Dakić, B. Božović: "Experimental Investigation on Locally Pressed I-beams Subjected to Eccentric Patch Loading", Journal of Constructional Steel Research, Vol.60 Nos.3-5, March-May 2004, p.525-534
- [3] B. Božović: "Ekscentrično lokalno opterećeni I-nosači - eksperimentalno-teorijska analiza", Magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2002. godine, 98 str.
- [4] M. Mitrović, O. Obradović, L. Lekić: "Softverska podrška jednom eksperimentalnom istraživanju", VIII naučno-stručni skup Informacione tehnologije - IT 2004, Žabljak, 2004. godine, str.71-74
- [5] Izvođački projekat mosta "Union Bridge" na Morači, u Podgorici, Građevinski fakultet u Podgorici, 2001/02. godine

PRELIMINARY DESIGN FOR THE BRIDGE OVER ĐETINJE RIVER IN UŽICE – SERBIA

Summary: *Main text portrays the awarded (second prize) preliminary design for the bridge over Đetinje river in Užice, project code 152317, designed by architect Srđan Gavrilović (project department „Energokontakt Projektovanje”) and civil engineer Nenad Jakovljević (“Mostprojekt“).*

In February 2006, the Municipality of Užice, Public Utility Company „Construction Agency“, Užice and the Architectural Assotiation of Užice have anounced the competition for the elaboration of preliminary design for the bridge over Đetinje river in Užice. The aim of the competition was to provide for a quality solution that would both contribute to the visual identity of the city and integrate the bridge into the environment. What promoted the competition was the demand for the regulation project related to the bed of the river Đetinje, implying the replacement of the existing wooden bridge with a new, wider bridge for both pedestrians and vehicles.

Key Words: *The bridge over Đetinje river, preliminary design...*

ANALIZA METODA ZA POJAČAVANJE ELEMENATA IZLOŽENIH SMICANJU FRP KOMPOZITIMA

Dragana Glavardanov,¹
Radomir J. Folić²

UDK:531.226:691

Rezime: *Spoljašnje pojačavanje armirano betonskih preseka elementima od polimera ojačanih vlaknima (FRP) dobija sve širu primenu. U ovom radu su analizirane metode dimenzionisanja armiranobetonskih greda pri njihovom pojačavanju FRP elementima na smičuće sile. Pri tome su analizirane i prikazane metodologije predložene od strane Američkog instituta za beton (ACI), Udruženja za beton (CSC) V. Britanije, kao i smernice date od strane Međunarodnog udruženja za beton (FIB) zajedno sa jednim od vodećih proizvođača ovih materijala za pojačavanje "SIKA".*

Ključne reči: *pojačavanje, smicanje, polimeri ojačani vlaknima (FRP kompoziti), smernice, dimenzionisanje, uporedna analiza, primer proračuna*

1. UVOD

Poslednjih 15 godina raširena je primena kompozitnih materijala FRP (polimera ojačanih vlaknima) za pojačavanja betonskih konstrukcija. Ovi savremeni materijali su izuzetno laki, malih debljina, a odlikuju se visokim čvrstoćama na zatezanje. Oni imaju izuzetno veliki odnos čvrstoće na zatezanje prema njihovoj težini. Najčešće korišćena vlakna u ovim kompozitnim materijalima su aramidna (AFRP), ugljenička (ili karbonska) (CFRP) i staklena (GFRP).

Ključni faktor u izboru sistema za pojačavanje je vrsta uticaja (momenat savijanja, smičuće sile, torzija i dr.). Pojačavanje armiranobetonskih greda vlaknastim kompozitima za povećane momente savijanja, kao uporedna analiza više metodologija prikazana je u radu [9]. Često se ukazuje potreba pojačavanja grednih elemenata za preuzimanje povećanih smičućih sila. Zbog toga je u ovom radu dat pregled preporuka za dimenzionisanje i načina za obuhvatanje preseka FRP laminatima.

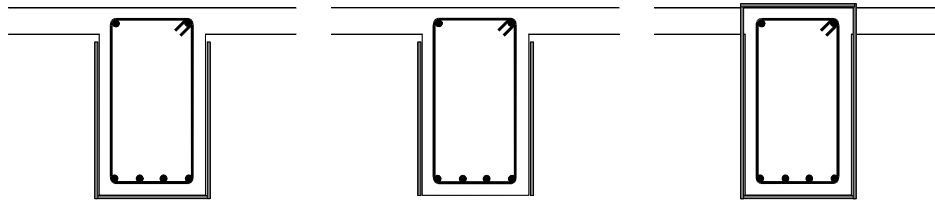
Pri pojačavanju elemenata napregnutih na savijanje lepljenjem FRP laminata na zategnutu ivicu preseka, povećava se njegova nosivost na savijanje, ali neće bitno uticati na njegovu nosivost na smicanje. Iz tog razloga se može dogoditi lom usled smicanja. Ova vrsta otkaza je krti lom i mora se izbeći.

¹ Dragana D. Glavardanov, dipl. inž. grad.

² Prof. dr Radomir J. Folić, dipl. inž. grad.

2. POJAČAVANJE ELEMENATA IZLOŽENIH SMICANJU

FRP sistemi povećavaju nosivost armirano betonskih greda i stubova na smicanje, potpunim ili delimičnim obavijanjem oko elementa, pri čemu su vlakna orijentisana upravno na podužnu osu elementa ili upravno na potencijalne prsline koje mogu nastati usled smičućih napona.

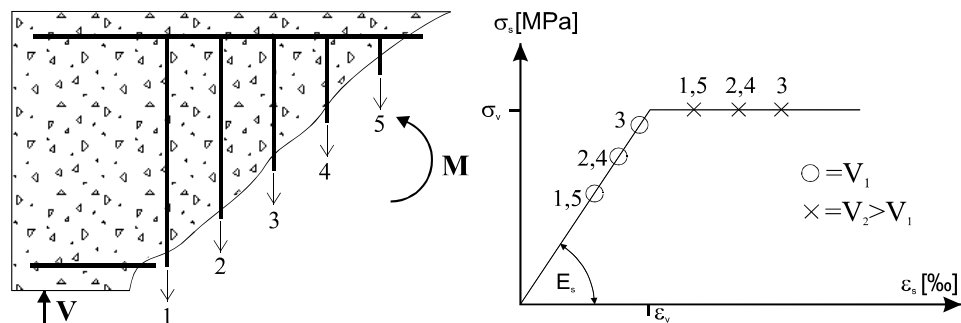


Slika 1. Način obuhvatanja preseka FRP laminatima za pojačanje



Slika 2. Pojačavanje greda na smicanje platnima i trakama lepljenim vertikalno ili koso

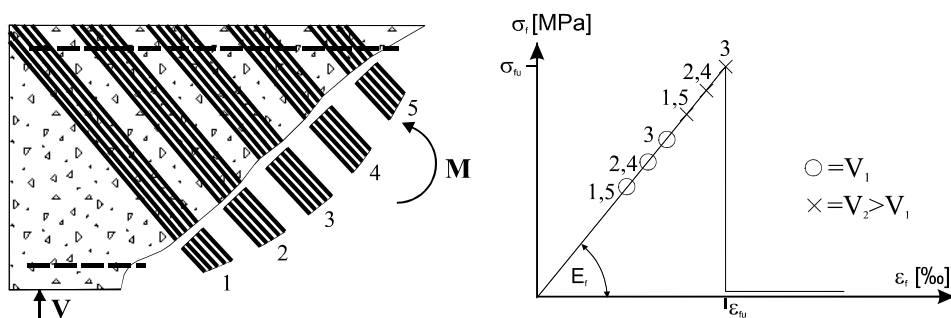
Kada se koriste čelične uzengije, granica razvlačenja doprinosi raspodeli napona kroz sve uzengije koje preseca pukotina, dok se deformacije povećavaju. Kako se pukotina širi i formira, najopterećenija uzengija dostiže granicu razvlačenja. Ako pukotina nastavi da se širi, sledeće uzengije dostižu granicu razvlačenja i počinju da se deformišu, i tako dok sve uzengije koje preseca pukotina ne dostignu granicu razvlačenja. Iz ovog razloga, granica razvlačenja se može koristiti za sve uzengije koje preseca pukotina, pri proračunu prema graničnim stanjima upotrebljivosti.



Slika 3. Princip rada čeličnih uzengija pri smicanju

Pri proračunu na granična stanja nosivosti ovo nije slučaj. Tada se proračunavaju samo širina prsline i deformacije. Granica razvlačenja ne sme da bude dostignuta jer može doći do zamora materijala ili nekontrolisanog povećanja prsline.

FRP materijali su linearno elastični do trenutka loma. Iz tog razloga, kada najopterećenija traka u sredini dostigne trenutak loma, dolazi do preraspodele zatežućih sila, povećava se napon u susjednim trakama i one takođe brzo pucaju.

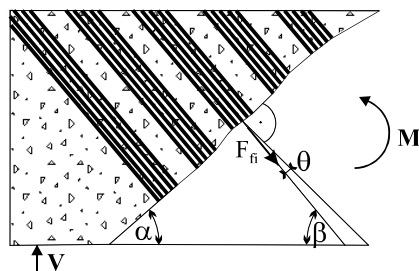


Slika 4. Princip rada FRP laminatnih uzengija pri smicanju

Studije su pokazale da u trenutku dostizanja nosivosti na smicanje betonskog preseka, FRP laminati se istežu u smeru vlakana do graničnih dilatacija koje su manje od graničnih dilatacija na zatezanje ε_{tu} . Ove dilatacije se definišu kao efektivne dilatacije ε_{fe} . Efektivne dilatacije su određene eksperimentalno u zavisnosti od vrste otkaza elementa pojačanog na smicanje FRP laminatima. Takođe, efektivna dilatacija u mnogome zavisi od dužine sidrenja i njenog odnosa sa efektivnom dužinom veze preko koje se formira veza betona i FRP laminata pri smicanju.

Pregled trenutno raspoloživih smernica ukazuje da do otkaza preseka ojačanih FRP laminatima dolazi kao i kod konvencionalnih armiranobetonskih preseka- po modelu rešetke:

- zategnutim dijagonalnim trakama
- pritisnutim dijagonalnim trakama.



Slika 5. Orijentacija vlakana FRP laminata u odnosu na osu elementa i ugao prsline

Uopšteno, doprinos FRP laminata može jednostavno da se zapiše kao:

$$V_f = F_f \cdot \sin \beta \quad (1)$$

$$F_f = \sum F_{fi} \quad (2)$$

$$F_{fi} = \sigma_{fe} \cdot A_f \quad (3)$$

2.1 Preporuke Udruženje za beton Velike Britanije (CSC)

Lom po pritisnutim dijagonalnim trakama (model rešetke) se izbegava ograničavanjem smičućih napona u betonu. Po britanskim propisima BS 8110 (odredba 3.4.5.2.) [3], maksimalni dozvoljeni smičući napon u betonu je ograničen na:

$$v_{max} \leq \begin{cases} 0,8\sqrt{f_{cu}} \\ 5,0 \text{ MPa} \end{cases} \quad (4)$$

Smernicama izdatim od strane Concrete Society (CSC) [6] se preporučuje da ove granice smičućih napona budu uvažene i pri pojačavanju preseka FRP laminatima. Tako da se maksimalna računaska transverzalna sila u preseku proračuna kao:

$$V_{R,max} = v_{max} \cdot b \cdot h_s \quad (5)$$

Lom po zategnutim dijagonalnim trakama (model rešetke) je moguć ukoliko je računaska vrednost transverzalne sile V_{sd} veća od one koja se može prihvatiti betonskim presekom i postojećim uzengijama, V_{Re} .

$$V_{Re} = V_{Rc} + V_{Rl} \quad (6)$$

Vrednosti transverzalne sile koje mogu prihvatiti beton V_{Rc} i uzengije V_{Rl} se određuju prema standardnim propisima BS 8110 [3].

Gde razliku do računske vrednosti transverzalne sile $V_{sd} > V_{Re}$ treba da preuzmu FRP laminati:

$$V_{Rf} = \frac{1}{\gamma_{mm} \cdot \gamma_{mf}} \cdot A_{fs} \cdot (E_{fd} \cdot \varepsilon_{fe}) \cdot \sin \beta \cdot (1 + \cot \beta) \cdot \frac{h_f}{s_f} \quad (7)$$

Ova jednačina je u osnovi dobijena empirijskim putem i uglavnom je zasnovana na testovima obavljenim na gredama malih raspona ojačanih FRP trakama. Zbog toga Concrete Society predlaže upotrebu ove jednačine na grede većih raspona sa oprezom.

Parcijalni koeficijenti sigurnosti primenjeni na mehaničke karakteristike date od strane proizvođača, a po smernicama određenim od strane britanskog društva za beton (Concrete Society) zavisice od vrste materijala kao i načina njegove proizvodnje. CSC u svom Tehničkom izveštaju 55 [6] koji se odnosi na pojačavanje betonskih konstrukcija kompozitnim materijalima, parcijalne faktore sigurnosti deli u zavisnosti od karakteristika materijala γ_{mf} , načina izrade i oblika materijala γ_{mm} , kao i parcijalni faktor

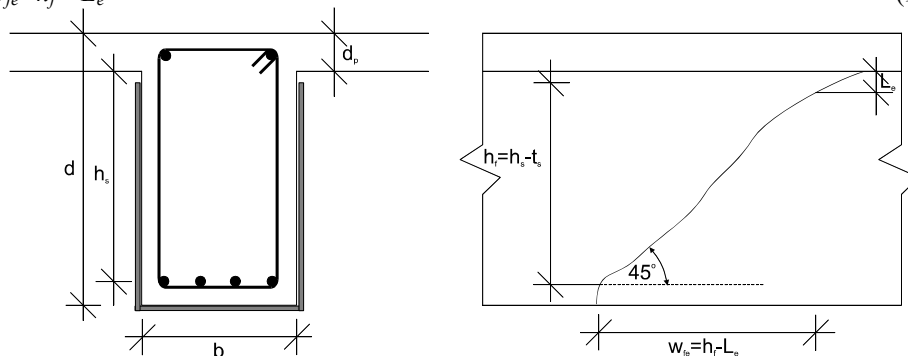
sigurnosti kojim su uzete u obzir eventualne promene modula elastičnosti tokom vremena γ_{mE} .

Pod pretpostavkom da je FRP laminat zalepljen sa obe strane preseka, potrebna površina FRP traka prema ovim smernicama iznosi:

$$A_{fs} = 2 \cdot t \cdot f \cdot w_{fe} \quad (8)$$

Gde je obvojnica formirana u obliku slova U:

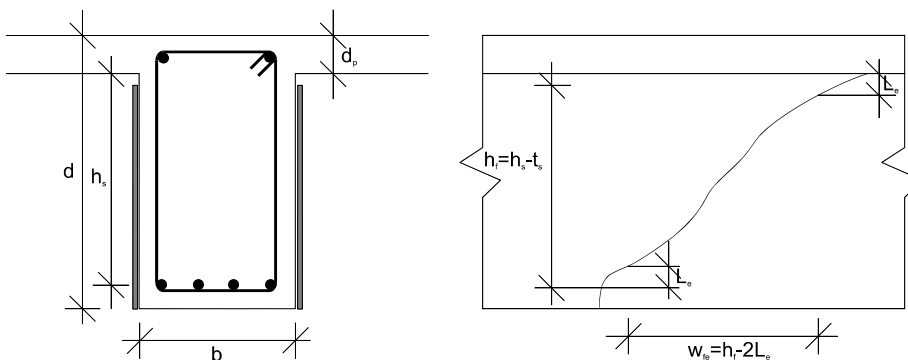
$$w_{fe} = h_f - L_e \quad (9)$$



Slika 6. Efektivna širina FRP traka kada je obvojnica u obliku slova U

Gde su FRP trake zalepljene samo na bočnim stranama preseka:

$$w_{fe} = h_f - 2 \cdot L_e \quad (10)$$



Slika 7. Efektivna širina FRP traka kada su trake samo na bočnim stranama preseka

Efektivna dužina veze:

$$L_e = \frac{461,3}{(t_f \cdot E_{fd})^{0,58}} \quad (11)$$

Zbog koncentracije napona u uglovima FRP laminat može popucati daleko pre dostizanja graničnih dilatacija. Iz tog razloga, da bi izračunali otpornost FRP kompozitnih materijala na smicanje, moramo prvo utvrditi računsku vrednost efektivnih dilatacija laminata. Granična vrednost efektivne dilatacije ukoliko je presek obavijen FRP laminatima sa sve četiri strane iznosi $\varepsilon_{fe}=4,0\%$.

U osnovi, lom preseka ojačanih FRP laminatima može nastati usled:

- 1/ gubitka veze između zrna agregata u betonu
- 2/ pucanja FRP laminata
- 3/ odvajanja FRP laminata od betonske površine

Kod FRP laminata koji ne obavijaju ceo presek mora se obezbediti dovoljna površina za vezu. Primećeno je da se obvojnice u obliku slova U i laminati zalepljeni samo na bočne strane preseka, gule i odvajaju pre gubitka veze između zrna agregata u betonu.

T. C. Triantafillou je u svom radu (“Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams using Epoxy Bonded FRP Composites”) iz 1998. godine na koji se pozivaju i smernice izdate od strane britanskog CSC [6] i od strane američkog ACI [1], pokazao da granična dilatacija FRP laminata pri smicanju zavisi od mnogih faktora. U funkciji je aksijalne krutosti FRP kompozitnog materijala, efektivne dužine veze, broja slojeva laminata, čvrstoće betona, šeme lepljenja FRP traka. Ovaj pristup je korišćen i u drugim radovima da bi se odredile granične efektivne dilatacije:

$$\varepsilon_{fe} \leq \begin{cases} \varepsilon_{fu} \left[0,5622(\rho_f \cdot E_{fd})^2 - 1,2188(\rho_f \cdot E_{fd}) + 0,778 \right] & \text{(da ne dođe do pucanja FRP laminata)} \\ \frac{0,0042 \left[(0,835 f_{cu})^{2/3} \cdot w_{fe} \right]}{(E_{ff})^{0,58} \cdot h_f} & \text{(da ne dođe do delaminacije, odnosno odvajanja FRP laminata od betonske površine)} \\ 4,0\% & \text{(da ne dođe do gubitka veze između zrna agregata u betonu)} \end{cases} \quad (12)$$

pod pretpostavkom da je $\rho_f E_{fd} < 1,1$ MPa:

$$\varepsilon_{fu} = \frac{\varepsilon_{fk}}{\gamma_{mm} \cdot \gamma_{mf}} \quad (13)$$

$$\rho_f = \frac{2t_f \cdot w_f}{b \cdot s_f} \quad (14)$$

Kao i kod čeličnih uzengija, razmak između FRP traka ne sme da bude velik, kako ne bi došlo do punog formiranja dijagonalne prsline bez njenog presecanja FRP trake. Iz ovog razloga Concrete Society [6] u svojim smernicama propisuje da međusobno osno rastojanje između traka bude:

$$s_f \leq \begin{cases} 0,8h_s \\ w_f + \frac{h_s}{4} \end{cases} \quad (15)$$

Kako je došlo do novih saznanja od 2000. god. kada je objavljen Tehnički izveštaj 55 [6], Britansko društvo za beton u radnoj (draft) verziji rada BD 85/02 [7] revizovao je Tehnički izveštaj 55 i predložilo izraz:

$$V_f = \frac{1}{\gamma_{mm} \cdot \gamma_{mf}} \cdot A_{fs} \cdot (E_{fd} \cdot \varepsilon_{fe}) \cdot \sin \beta \cdot (1 + \cot \beta) \cdot \frac{(h_f - \frac{n}{3} l_{t,max})}{s_f} \quad (16)$$

gde se vrednost n uzima:

n=0 (potpuno obavijena greda)

n=1 (kontinualno obavijena greda sa tri strane, u obliku slova U)

n=2 (FRP laminati postavljeni samo po obrazima)

$l_{t,max}$ je vrednost dužine sidrenja potrebne za dostizanje maksimalne sile prijanjanja laminata:

$$l_{t,max} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{E_{fd} \cdot t_f}{f_{ctm}}} \quad (17)$$

Vrednosti graničnih efektivnih dilatacija prema radu BD 85/02 [7] iznosi:

$$\varepsilon_{fe} \leq \begin{cases} \frac{\varepsilon_{fu}}{2} & \text{(da ne dođe do pucanja FRP laminata)} \\ 0,64 \sqrt{\frac{f_{ctm}}{E_{fd} t_f}} & \text{(da ne dođe do delaminacije, odnosno odvajanja FRP laminata od betonske površine)} \\ 4,0 \text{ ‰} & \text{(da ne dođe do gubitka veze između zrna agregata u betonu)} \end{cases} \quad (18)$$

Ukoliko se koristi analogija modela rešetke, usled transverzalnih sila se sem pritisnutih i zategnutih dijagonala, javlja i zatežuća aksijalna sila. Dodatna površina FRP traka onoj koja je dimenzionisana na savijanje, će biti potrebna da prihvati ovu silu. CSC zato predlaže da se postojeće trake dimenzionisane na savijanje, ukoliko postoje, produže za polovinu dužine sidrenja. Ukoliko ovo nije moguće, dodatne trake, površine poprečnog preseka A_{fs} , mogu biti dodate:

$$A_{fs} = \frac{V_s}{2f_f} \quad (19)$$

2.2 Preporuke Američkog instituta za beton (ACI)

Vrednost transverzalne sile u pojačanom preseku, prema Američkim standardima ACI 318 ne sme da pređe nominalnu vrednost transverzalne sile pomnožene koeficijentom sigurnosti ϕ . Ovaj koeficijent se određuje u zavisnosti od dilatacija u čeliku, a kreće se u rasponu od 0,7 za krte preseke, do 0,9 za duktilne preseke.

$$\phi \cdot V_n \geq V_u \quad (20)$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi \cdot V_f) \quad (21)$$

V_f – deo transverzalne sile koju prihvataju FRP trake

Vrednost koeficijenta sigurnosti ψ kojim se računa niža granica sigurnosti FRP elementa u odnosu na čeličnu armaturu u betonskom preseku, a koji zavisi od načina na koji je presek ojačan.

$\psi=0,95$ (za proračun nominalnih vrednosti transverzalnih sila ukoliko se presek obavlja laminatima sa sve četiri strane)

$\psi=0,85$ (za proračun nominalnih vrednosti transverzalnih sila ukoliko se presek obavlja laminatima sa dve ili tri strane)

Deo transverzalne sile koju treba da prihvate FRP trake prema smernicama Tehničkog komiteta 440 američkog instituta za beton ACI [1][2], treba odrediti na osnovu orijentacije vlakana i orijentacije pretpostavljene prsline.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} (\sin \beta + \cos \beta) h_f}{s_f} \quad (22)$$

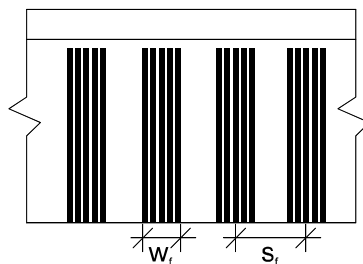
Potrebna površina preseka FRP laminata iznosi:

$$A_{fv} = 2 \cdot n t_f w_f \quad (23)$$

gde je n broj slojeva FRP laminata.

Efektivan napon je maksimalan napon koji FRP može da primi pri graničnom stanju nosivosti:

$$f_{fe} = \varepsilon_{fe} \cdot E_f \quad (24)$$



Slika 8. Širina i rastojanje FRP traka opterećenih na smicanje

Efektivna dužina veze (prema eksperimentalno dokazanom pristupu od strane Khalifa et. al. 1998, na osnovu kojih se i prema smernicama izdatih od strane Concrete Society određuje ova vrednost), prema ACI [1] iznosi:

$$L_e = \frac{2500}{(n t_f \cdot E_f)^{0,58}} \quad (25)$$

Efektivna dilatacija FRP traka tada može da se dobije preko koeficijenata k_1 i k_2 :

$$k_1 = \left(\frac{f_c'}{4000} \right)^{2/3} \quad (26)$$

$$k_2 = \left(\frac{h_f - L_e}{h_f} \right) \quad (27)$$

$$k_v \leq 0,75 \quad (28)$$

$$\varepsilon_{fe} \leq \begin{cases} k_v \cdot \varepsilon_{fu} & \text{(da ne dođe do pucanja FRP laminata)} \\ \frac{k_1 k_2 L_e}{468} & \text{(da ne dođe do delaminacije, odnosno odvajanja FRP laminata od betonske površine)} \\ 4,0 \text{ ‰} & \text{(da ne dođe do gubitka veze između zrna agregata u betonu)} \end{cases} \quad (29)$$

(pri čemu je $\varepsilon_{fu} = 4,0\text{‰}$ samo ukoliko je presek obavijen sa sve četiri strane)

Oso rastojanje s_f između traka korišćenih za pojačavanje elemenata na smicanje, treba da bude u skladu sa granicama određenim prema propisanim standardima ACI 318 za čelične uzengije.

Američki institut za beton takođe je obavio reviziju svojih smernica, te se u radu ACI440.2R-02 [2] iz 2002. godine, kako bi sprečio otkaz preseka po FRP laminatima, propisuje:

efektivnu dužinu veze:

$$L_e = \frac{23300}{(n t_f \cdot E_f)^{0,58}} \quad (30)$$

efektivnu dilataciju:

$$\varepsilon_{fe} \leq \begin{cases} 0,75 \cdot \varepsilon_{fu} & \text{(da ne dođe do pucanja FRP laminata)} \\ \frac{0,2176 \left[(f_c')^{2/3} \cdot w_{fe} \right]}{\left(E_f t_f \right)^{0,58} \cdot h_f} & \text{(da ne dođe do delaminacije, odnosno odvajanja FRP laminata od betonske površine)} \\ 4,0 \text{ ‰} & \text{(da ne dođe do gubitka veze između zrna agregata u betonu)} \end{cases} \quad (31)$$

2.3 Preporuke Međunarodnog udruženja za beton (Fib)

Prema radovima [11] i [12] sa Seminara iz 1997. godine koji je organizovala "SIKA", a koji se oslanjaju na DIN standarde, osnovna vrednost napona smicanja je

$$\tau_{0v} = \frac{Q_v}{b \cdot z_m} \leq \tau_{02} \text{ (za grede)} \quad (32)$$

$$\tau_{0v} = \frac{Q_v}{\eta_B \cdot z_m} \left[1 + (\eta_B - 1) \frac{s_f}{b_f + (h_f - x)} \right] \leq \tau_{011} \text{ (za ploče)} \quad (33)$$

pri čemu je Q_v ukupna transverzalna sila, η_B potrebni stepen ojačanja, a z_m srednja vrednost za krak unutrašnjih sila.

Postoje dva moguća slučaja pokrivanja ukupne transverzalne sile Q_v :

1/ $Q_s < Q_v$ postojeće uzengije ne pokrivaju u potpunosti ukupnu transverzalnu silu, već samo jedan njen deo Q_s . U ovom slučaju, potrebno je izvršiti pojačanje FRP trakama:

$$Q_{v,f} \geq \begin{cases} Q_v - Q_s \\ \frac{\eta_B - 1}{\eta_B} Q_v \end{cases} \quad (34)$$

2/ $Q_s \geq Q_v$ postojeće uzengije pokrivaju u potpunosti ukupnu transverzalnu silu, ali je ipak potrebno konstruktivno postaviti FRP trake

$$Q_{v,f} = \frac{\eta_B - 1}{\eta_B} Q_v \quad (35)$$

U oba slučaja važi

$$Q_s = \frac{a_s \cdot \sigma_{su} \cdot z_m}{\eta_\tau} \quad (36)$$

$$a_f = \eta_\tau \frac{Q_{v,f}}{z_f \cdot \sigma_{fu}} \text{ (potrebna površina FRP traka)} \quad (37)$$

$$\eta_\tau = \frac{\tau_{0v}}{\tau_{02}} \leq 0,4 \text{ (stepen pokrivenosti smičućih napona)} \quad (38)$$

$$\sigma_{su} = \frac{\sigma_v}{1,75} \text{ (napon u čeličnim uzengijama)} \quad (39)$$

$$\sigma_{fu} = \frac{\sigma_f}{1,75} \text{ (napon u FRP uzengijama)} \quad (40)$$

Osnovno rastojanje FRP traka s_f postavljenim za preuzimanje smičućih napona, mora ispuniti sledeće uslove:

$$s_f \leq d \text{ (za grede)} \quad (41)$$

$$s_f \leq \begin{cases} 5d_p \\ 0,2L \end{cases} \text{ (za ploče)} \quad (42)$$

Prema Preporukama datim u [11] i [12], krajnje trake moraju imati manje međusobno rastojanje, tako da se u oslonačkom delu, na odstojanju od 1m, FRP trake progučuju, odnosno njihovo osno rastojanje iznosi $s_f/2$.

U "Siki" su kasnije usvajeni Standardi Evrokoda 2 i preporuke za proračun FRP laminata prema Biltenu 14 izdatog od strane Međunarodnog društva za beton FIB [7] pri izradi softvera za proračun preseka spolja pojačanih FRP laminatima. Prema ovim standardima i preporukama, transversalna sila koju mogu da prihvate laminati dodati pojačnom preseku iznosi:

$$V_{fd}=0,9 \cdot \varepsilon_{fd,e} \cdot E_{fu} \cdot \rho_f \cdot b_w \cdot d \cdot (\cot \alpha + \cot \beta) \cdot \sin \beta \quad (43)$$

$$\rho_f = 2 \frac{t_f}{b_w} \sin \beta \quad (\text{za kontinualno obavijene FRP laminate}) \quad (44)$$

$$\rho_f = 2 \frac{t_f}{b_w} \cdot \frac{w_f}{s_f} \quad (\text{za FRP trake ili platna širine } w_f, \text{ na osnom rastojanju } s_f) \quad (45)$$

Karakteristična vrednost efektivne dilatacije FRP materijala:

$$\varepsilon_{fd,e} = k \cdot \frac{\varepsilon_{fe}}{\gamma_f} \quad (46)$$

gde su: vrednosti konstante $k=0,8$, a parcijalnog koeficijenta sigurnosti za FRP materijal: $\gamma_f=1,3$

Što se obezbeđenja od otkaza FRP laminata tiče, prema Biltenu 14 [7], kada nije moguće obmotavanje preseka u potpunosti, FRP laminati moraju biti sidreni u pritisnutu zonu preseka kako bi se što bolje formirao efekat rešetke. U FIB se čak preporučuje da se sidrenje izvrši celom visinom pritisnute zone preseka.

Granična vrednost efektivne dilatacije karbonskih CFRP laminata prema FIB-u [7] i Preporukama "Sike", koji obavija ceo presek ili formira obvojnici u obliku slova U, ali je propisno usidren u pritisnutu zonu preseka, će zavistiti od vrste otkaza, kao i u prethodnim slučajevima:

$$\varepsilon_{fe} \leq \begin{cases} 0,17 \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right)^{0,30} \cdot \varepsilon_{fu} & (\text{da ne dođe do pucanja FRP laminata}) \\ 0,65 \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right)^{0,56} \cdot 10^{-3} & (\text{da ne dođe do delaminacije, odnosno odvajanja FRP laminata od betonske površine}) \\ 6,0 \text{ ‰} & (\text{da ne dođe do gubitka veze između zrna agregata u betonu}) \end{cases} \quad (47)$$

A da bi se sprečilo pucanje laminata koji se sastoje od aramidnih vlakana AFRP, vrednost granična vrednost efektivne dilatacije iznosi:

$$\varepsilon_{fe} = 0,048 \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right)^{0,47} \cdot \varepsilon_{fu} \quad (48)$$

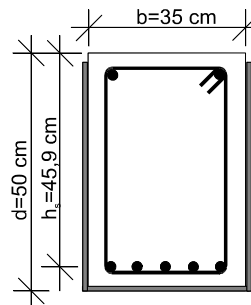
Još treba naglasiti da maksimalan dozvoljen međusoban osni razmak vertikalnih FRP laminata, kako ne bi došlo do punog formiranja prsline između dve trake, prema FIB iznosi [7]:

$$s_f \leq 0,9d - \frac{w_f}{2} \quad (\text{za grede pravougaonog poprečnog preseka}) \quad (49)$$

$$s_f \leq d - d_p - \frac{w_f}{2} \quad (\text{za grede T-poprečnog preseka}) \quad (50)$$

3. BROJČANI PRIMER

MB 30 $f_{cu} := 30 \text{ MPa}$
 $\varepsilon_{bu} := 3.5 \text{ ‰}$
 $E_b := 31.5 \text{ GPa}$
 Sika CarboDur S 512 $\sigma_{fu} := 2800 \text{ MPa}$
 $\varepsilon_{fk} := 17 \text{ ‰}$
 $E_{fu} = 165 \text{ GPa}$



	CSC	FIB	ACI
parcijalni koeficijenti sigurnosti	$\gamma_{mf} := 1.4$ $\gamma_{mm} := 1.1$ $\gamma_{mE} := 1.1$ $\gamma_{mF} := \gamma_{mf} \cdot \gamma_{mm}$ $\gamma_{mF} = 1.54$		$C_E := 0.95$ $\phi = 0.9$ $\psi = 0.85$
računske vrednosti napona i dilatacija FRP traka	$\varepsilon_{fu} = 11.039 \text{ ‰}$ $\sigma_f = 1655.844 \text{ MPa}$ $E_{fd} = 150 \text{ GPa}$	$\varepsilon_f = 8 \text{ ‰}$ $\sigma_f = 1320 \text{ MPa}$ $E_{fu} := 165 \text{ GPa}$	$\varepsilon_{fu} = 16.15 \text{ ‰}$ $f_{fu} = 2660 \text{ MPa}$ $E_f = 164.706 \text{ GPa}$
efektivna dilatacija	$\varepsilon_{fe} = 0.004$	$\varepsilon_{fe} = 0.004$	$\varepsilon_{fe} = 0.004$
maksimalno osno rastojanje FRP traka	$s_{f,max} = 367.2 \text{ mm}$	$s_{f,max} = 388.1 \text{ mm}$	
usvojene vrednosti	$s_{f,usv} := 200 \text{ mm}$	$s_f := 200 \text{ mm}$	$s_{fv} := 200 \text{ mm}$

	$A_{fs} = 120 \text{ mm}^2$	$A_{fu} = 120 \text{ mm}^2$	$A_{fv} = 120 \text{ mm}^2$
računska transverzalna sila koju mogu da prime FRP trake	$V_f = 116.828 \text{ kN}$	$V_{fd} = 109.758 \text{ kN}$	$\psi \cdot V_f = 112 \text{ kN}$

4. ZAKLJUČAK

Pojačavanje AB preseka za preuzimanje povećanih transverzalnih sila efikasno se može obaviti primenom FRP elemenata spoljašnjim lepljenjem na površinama preseka izloženih smičućim naponima. Uporedna analiza pokazana na konkretnom primeru ukazuje na ujednačenost rezultata proračuna prema Preporukama ACI, CSC, i FIB. I pored toga što iz dana dan raste primena FRP elemenata za pojačavanje AB konstrukcija, naročito u razvijenim zemljama, pošto su to relativno novi materijali i još uvek nije provereno njihovo ponašanje u toku vremena, obavezna je redovna inspekcija konstrukcija pojačanih ovim sistemima u realnim uslovima. Ekonomski pokazatelji sve više su na strani primene ovih materijala iako su u početnim fazama bili znatno skuplji, pa treba očekivati njihovu sve rašireniju primenu i u našoj zemlji.

LITERATURA:

- [1] American Concrete Institute (ACI), Committee 440: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, 2000.
- [2] American Concrete Institute (ACI), Committee 440: ACI440.2R-02 Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, 2002.
- [3] British Standards Institution. BS 8110: Structural Use of Concrete Part 1, BSI, London
- [4] Carolin, A.: CFRP for Strengthening of Structural Elements, Lulea University of Technology, 2003.
- [5] Chanakya, A.: Design of Structural Elements, Concrete, Steelwork, Masonry and Timber Design to British Standards and Eurocodes, Spon Press, London, 2003.
- [6] Concrete Society (CSC), Technical Report No.55: Design Guidance for Strengthening Concrete Structures Using Fibre Composite Materials, 2000.
- [7] Concrete Society (CSC), BD 85/02 draft: Strengthening of Highway Bridges Using Externally Bonded FRP, 2002.
- [8] Fédération Internationale du Béton (FIB): Technical Report Bulletin 14: Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures, Lausanne, 2001.
- [9] Folić, R., Glavardanov, D.: Upoređenje metoda analize armiranobetonskih greda pojačanih vlaknastim kompozitima (FRP), JUDIMK, Novi Sad, 2005.
- [10] REHABCON- Strategy for Maintenance and Rehabilitation in Concrete Structures: Annex J, Strengthening With Carbon Fibre, Innovation and SME Programme, 2000.
- [11] Sika Fascseminar: Neue Technologien zum Erhalten und Verstärken von Bauteilen mit Sika CarboDur, 1997.
- [12] Sika Fascseminar: Verstärken von Betonbauteilen mit geklebten CFK-Lamellen Sika CarboDur, Einführung und Berechnungsbeispiele, 1997.

METHOD ANALYSIS FOR SHEAR STRENGTHENING WITH FRP COMPOSITES

Summary: *Strengthening reinforced concrete sections with fibre reinforced-polymers is becoming more common each day. This paper presents concise methods analysis for flexural strengthening of reinforced concrete beams externally bonded with FRP laminates. Guidelines given by American Concrete Institute (ACI), Concrete Society Committee (CSC) and Fédération Internationale du Béton (FIB) through one of the leading manufacturers of FRP materials- SIKA, are analyzed in this paper.*

Key words: *strengthening, shear, composite materials (FRP), design guidelines*

IDEJNO RJEŠENJE SA STUDIJOM IZVODLJIVOSTI ZA KOMPLEKS "JUSOVAČA"

Mladen Gogić¹,
Nikola Luković²,
Jelisava Kalezić³, mentor

UDK:719:711.168

Rezime: U radu su obrađene, na nivou idejnog rješenja i studije izvodljivosti, mogućnosti korišćenja nekadašnjeg zatvorskog kompleksa Jusovača u Podgorici. Polazeći od smjernica iz prostorno-planske dokumentacije (PPO, GUP, DUP) i inicijalnog programskog zadatka NVO "Zid" sagledane su prostorne mogućnosti kompleksa za izradu nezavisnog urbanog centra.

Ključne riječi: Rekonstrukcija, kulturno-istorijsko nasleđe, urbani centri, urbana svijest.

1. UVOD

Kompleks Jusovača je izgrađen, u vrijeme (18 v.) turske administracije, za tamnicu. Za tu namjenu je i korišćen sve do šezdesetih godina 20. v.

Tendencija je da se mjesta kao ovo, koja su decenijama bila mjesta straha, patnje i stradanja, preobraćaju preko sadržaja kulture u mjesta na kojima se podstiče razvoj svijesti i kreativnosti.

U tom smislu je NVO "Zid" inicirala projekat Nezavisni urbani centar - Jusovača. Namjera je da se zapušteni kompleks nekadašnjeg zatvora pretvori u centar za pokretanje i realizaciju različitih projekata.

Kompleks "Jusovača" pripada dijelu grada Stara Varoš. Nalazi se oko 100 m sjeverno od autobuske i željezničke stanice u Podgorici. Podgorica je relativno dobro saobraćajno povezana sa značajnim kulturnim centrima Evrope preko međunarodnog aerodroma u Golubovcima (1-7 sati leta), pa se samim tim i do razmatranog kompleksa može vrlo lako stići. (Slika 1.)

Što se tiče povezanosti sa većim gradovima u Crnoj Gori dominantan je drumski i željeznički saobraćaj. Podgorica, pa tim i ovaj kompleks, je udaljena od Nikšića i Cetinja

¹Dipl. inž. grad., Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b., Podgorica, tel: 081/243-718,
e-mail: mladjogogic@yahoo.com

²Dipl. inž. grad., Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b., Podgorica, tel: 081/242-218,
e-mail: nlukovic@cg.ac.yu

³Prof. dr, dipl. inž. arh., Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b., Podgorica, tel: 081/242-127,
e-mail: jelisava@cg.ac.yu

svega oko 50 minuta vožnje, od Bijelog Polja oko dva sata, Pljevalja oko tri sata, Kolasina oko sat vremena, Bara oko dva sata i Herceg Novog oko tri sata.



Slika 1. Panorama kompleksa

Udaljenosti "Jusovače", od važnijih lokaliteta u Podgorici automobilskim ili javnim gradskim prevozom su sledeće: Stare varoši – 5 min, Trga Ivana Milutinovića i Crnogorskog narodnog pozorišta – 10 min, Crnogorske akademije nauka i umjetnosti, Centra savremene umjetnosti, crkve Svetog Đorđa, Kliničko – bolničkog centra, RTV Crne Gore, Ekonomskog i Pravnog fakulteta, Sportsko-rekreativnog centra "Morača" i stadiona Budućnosti – 20 min i Univerziteta Crne Gore, Hrama Hristovog Vaskrsenja – 25 min.

2. KULTURNO – ISTORIJSKO NASLEĐE

Sa aspekta problematike zaštite kulturno-istorijskog nasleđa, na čitavoj teritoriji Crne Gore, osnovna premisa koncepta uređenja prostora je definisanje mjesta koje ovom nasleđu objektivno pripada u sklopu prirodnih, privrednih, rekreaciono-turističkih i drugih vrijednosti Republike. [1], [2]

Kulturno nasleđe Crne Gore obuhvata raznovrsne objekate, počev od arheoloških lokaliteta, preko cjelovitih istorijskih urbanih centara i vrijednih fragmenata strukture gradskih jezgara, spomeničkih cjelina (zastupljenih manastirskim kompleksima, ostacima srednje vjekovnih gradova i utvrđenja, te brojnim ruralnim naseljima), izdvojenih objekata profane i, posebno, sakralne arhitekture, do spomenika i obilježja oslobodilačkih ratova.

Međutim, cijela naslijeđena struktura, tokom proteklog vremena, u velikoj mjeri je izmijenjena, a zbog nedovoljno kontrolisanog razvoja došlo je do brojnih poremećaja i, u određenoj mjeri, do degradacije niza značajnih kulturnih vrijednosti na, više ili manje, čitavom prostoru Crne Gore. Već i od ranije zahvaćene postepenim propadanjem, usled trošnosti i zapuštenosti, vrijednosti urbanog i ruralnog nasleđa su devalvirane i

neadekvatnom novom izgradnjom unutar njihovih struktura, a pojedini arhitektonski spomenici opasno su ugroženi primitivno izvedenim građevinskim intervencijama.

Prema tome nameće se da je jedan od osnovnih ciljeva i zadataka dugoročnog razvoja kulture: **zaštita i prezentacija kulturnog nasleđa i njegova revitalizacija u savremene svrhe.**

3. DETALJNI URBANISTIČKI PLAN "DRAČ"

Za lokaciju "Jusovača" postoji DUP usvojen 10.12.1992. god. u Podgorici, br. odluke 01-8926. [3]

Prema DUP-u za kompleks "Jusovača" planirani su sljedeći sadržaji: kultura, ugostiteljstvo, trgovina i zanati i lične usluge.

Programski elementi budućeg Nezavisnog Urbanog Centra "Jusovača" obuhvataju kulturne sadržaje, ugostiteljski sadržaj i određene zanatske servise za potrebe NUC-a.

Programski sadržaji po DUP-u nijesu u potpunosti u skladu sa programom budućeg Nezavisnog Urbanog Centra "Jusovača", pa je u daljoj fazi realizacije potrebno usaglašavanje programa NUC-a "Jusovača" sa DUP-om, ili na nivou stručne službe ili organa lokalne samouprave.

Za rekonstrukciju kompleksa "Jusovača" obrađeni su preliminarni urbanistički uslovi od strane Sekretarijata za urbanizam i građevinarstvo Podgorica, aprila 2001.god, za potencijalne investitore. Dalji koraci na ovom planu nijesu učinjeni, pa se ovi preliminarni urbanistički uslovi mogu iskoristiti kao smjernica za izradu projektne dokumentacije.

4. FIZIČKA STRUKTURA I OPIS KONSTRUKCIJE

Kompleks "Jusovača" se u postojećem stanju sastoji od dva slobodno stojeća objekta spratnosti P+1 i jednog pomoćnog prizemnog objekta, ograđenih kamenim zidom širine 50 cm i visine 400 – 450 cm.

Zid je očuvan u prvobitnom stanju, osim u dijelu sa sjeverne strane u dužini od oko 10 m gdje je neophodna rekonstrukcija.

Na sva četiri ugla zida postoje betonske stražare dimenzija u osnovi 150 x 150 cm, sa vertikalnim stubovima na svakom uglu dimenzije 20x20 cm i zidovima ispune debljine 12 cm, koje su naknadno dograđene. Oslonjene su jednim dijelom preko AB ploče debljine 10 cm na zid, a drugim na po dva AB stuba dimenzija 25 x 25 cm i visine 420 cm. Prilaz im je sa spoljne strane zida, preko stepeništa širine od 60 – 85 cm, širine gazišta 25 cm, visine stepenika 20 cm.

Ulaz u kompleks je sa sjevero-zapadne strane, iz kog je omogućen direktan pristup spratu preko stepeništa i dvorištu kroz glavna vrata dimenzije 150 x 250 cm.

Konstruktivni sistem objekata čine masivni kameni zidovi debljine 65 cm dok su pregradni zidovi takođe od kamena debljine 45 cm. Izuzetak čine neki naknadno dograđeni pregradni zidovi od pune opeke debljine 12 cm.

Međuspratna konstrukcija objekta na ulazu se sastoji u jednom dijelu od AB ploče, a u drugom od drvenih greda koje su sa gornje strane popatošene daskama, a sa donje strane obložene čatmom i krečnim malterom. Međuspratna konstrukcija središnjeg objekta je kombinacija AB livene ploče i kamenih svodova, dok je kod pomoćnog objekta čisto AB livena ploča.

Tavansku konstrukciju objekta na ulazu čine poprečne drvene grede sa donje strane obložene čatmom i krečnim malterom.

Krovna konstrukcija objekta na ulazu je drvena. Krov je dvovodni i pokriven ćeramidom. Uočljiva su oštećenja krovne konstrukcije, naročito u sljemenom dijelu.

Središnji objekat je u prvobitnom stanju imao drvenu krovnu konstrukciju, koja sada ne postoji.

Krovna konstrukcija pomoćnog objekta je ravan neprohodan krov na kome se nalazi rezervoar za skupljanje kišnice.

Otvori u kamenim zidovima su mali sa lučnim ili pravim nadvratnim i nadprozornim gredama. Najčešća dimenzija vrata je 60 x 190 cm, a prozora 80 x 60 cm. Prozori su nepravilnog oblika i šire se prema unutrašnjosti da bi se postigao što bolji zahvat svjetlosti. Karakterističan je pravilan raspored prozora u prizemlju objekata radi što bolje osvijetljenosti i provjetravanja ćelija koje nemaju direktnu vezu sa okolinom preko spoljnog zida.

Konstrukcija svih pomenutih objekata je nesigurna i neophodna je rekonstrukcija, naročito u dijelu sa drvenom međuspratnom konstrukcijom i u dijelovima sa drvenim nadvratnim i nadprozornim gredama, za koje je vidno da su crvotočne.

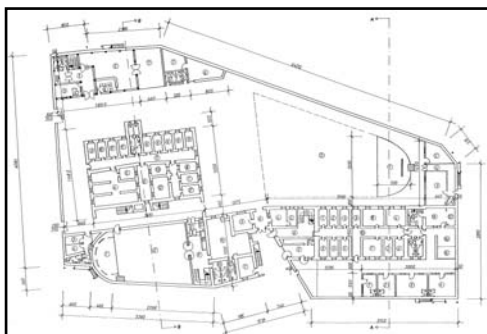
U narednim grafičkim priložima date su situacija i osnove prizemlja i sprata postojećeg stanja kompleksa u cjelini.

5. SADRŽAJ I FUNKCIJE

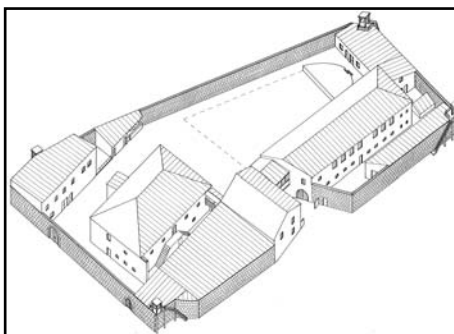
U kompleksu se po sadržaju izdvaja 8 zasebnih cjelina (*Slike 2. i 3.*):

A Ulazni dio, ukupne bruto površine 170,36 m². Sadrži: recepciju sa turističkim biroom, kafe bar, prodavnicu suvenira i knjižaru sa magacinom.

- B** Radni kancelarijski blok, bruto površine 672,31 m². Sadrži tri sektora:
- sektor nevladinih organizacija, bruto površine 327,57 m². Sadrži: autentičnu ćeliju, šest kancelarija, salu za sastanke, sanitarni blok i prizemne prostorije stana domara.
 - sektor menadžment centra, bruto površine 61,17 m². Sadrži četiri kancelarije.
 - sektor ADP ZID-a, bruto površine 283,57m². Sadrži: pet kancelarija, salu za sastanke, čajnu kuhinju, sanitarni blok i prostorije na spratu stana domara.
- C** Radionički blok, bruto površine 119,53 m². Sadrži prostoriju za vrtić i tri radionice sa sanitarnim čvorovima.
- D** Višenamjenska sala sa pratećim sadržajima, bruto površine 458,53 m². Sadrži: binu, gledalište sa mogućnošću montaže galerija, garderobe, sanitarni blok, plesni studio, vjetrobran, blagajnu, foaje, salu za projekciju i sobu za premotavanje.
- E** Blok kulture, bruto površine 753,36 m². Sadrži tri sektora:
- Galerija, bruto površine 211,66 m². Sadrži: izložbeni prostor, kancelariju za upravnika, depo i sanitarni blok.
 - Ateljei, bruto površine 139,21 m². Sadrže: prostorije za rad umjetnika, zvučno izolovanu sobu za muzičare i čajnu kuhinju.
 - Državne agencije Ministarstvo kulture, bruto površine 402,49 m². Sadrže: kancelarije, sekretarsku gamituru, konferencijsku salu i sanitarni blok.



Slika 2. Osnova prizemlja



Slika 3. Aksonometrija kompleksa

- F** Informacioni blok, bruto površine 460,59 m². Sadrži dva sektora:
- Internet kafe i klub, bruto površine 263,37m². Sadrži: prostoriju za internet kafe sa operaterom, klub sa magacinom i terasom i sanitarni blok.
 - Radio stanica sa pratećim sadržajima, bruto površine 197,21 m². Sadrži: studio, sobu za tonca, dvije sobe za montažu, dvije kancelarije, salu za sastanke i sanitarni blok.
- G** Otvorena scena sa pratećim sadržajima, bruto površine 687,60 m². Sadrži: binu, prostor za gledaoce opremljen pokretnim stolicama, garderobu za izvođače, ostavu za stolice, otvoreni šank sa magacinom i sanitarni blok za gledaoce.

H Omladinski smještaj sa 18 kreveta, bruto površine 248,83 m². Sadrži: dvije dvokrevetne sobe sa toaletom, jednu četvorokrevetnu, pet dvokrevetnih, čajnu kuhinju, ekonomat i zajednički sanitarni blok sa tuševima, za sobe bez toaleta.

6. ZAKLJUČAK

Karakteristično za ovaj rad je udruživanje inicijativa nekoliko raznorodnih institucija (Sekretarijat za urbanizam Podgorice, NVO "Zid", Građevinski fakultet) radi pokretanja dugoročnog projekta izgradnje nezavisnog urbanog centra.

Rezultat ovih udruženih inicijativa i angažovanja je izrada idejnog rješenja i studije izvodljivosti.

Idejno rješenje sadrži potrebnu provjeru mogućnosti daljeg razvoja ovoga projekta.

LITERATURA

- [1] Prostorni plan opštine Podgorica, Podgorica, 1986.
- [2] Generalni urbanistički plan opštine Podgorica, Podgorica, 1990.
- [3] Detaljni urbanistički plan "Drač", Podgorica, 1992.
- [4] Neufert, E.: Bauentwurfslehre, Wiesbaden, 1996.
- [5] Milić, B.: Elementi i konstrukcije zgrada, Građevinski fakultet u Podgorici, Podgorica, 1999.

GENERAL SOLUTION WITH STUDY OF REALIZATION FOR COMPLEX "JUSOVAČA"

Summary: *In this work it have been executed, at the level of general solution and studies of realization, possibilities of using of former prison complex Jusovača in Podgorica. Begining from the directions from spacing plan documentation (Space plan of community, General urbanistic plan, Detailed urbanistic plan) and initial program task NGO "Zid", the space possibilities of the complex for building of independent urban centre, are vived.*

Key words: *Reconstruction, cultural-historic welfare, urban centres, urban consence.*

POLUMONTAŽNE SUPERLAKE KASETIRANE STIROFERT ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE

¹Milan Kekanović,
²Čeh Arpad

UDK:624.012.45

Rezime: U radu je prikazana polumontažna super laka kasetirana armiranobetonska konstrukcija pogodna za izvođenje i većih raspona, naročito u trusnim područjima.

Ključne reči: polumontažna, laka, AB konstrukcija, ekonomičan

1. UVOD

Osnovni zahtevi kod modeliranja ove konstrukcije bili su: kako konstruisati međuspratnu tavanicu tako, da bude laka, termoizolovana, montažna i polumontažna isključivo armirana „EUROPOLIS” čeličnim rešetkastim armaturama (binorima). Jedan od zahteva je bio i smanjeno podupiranje, samo u sredini i na krajevima uz uslov da ekspandirani polistiren (stiropor) istovremeno bude zarobljena oplata, kanalice, ispuna i termoizolacija.

Naime, danas je poznato više vrsta AB polumontažnih tavanica sa keramičkom ili betonskom ispunom i podupiranjem na više mesta u toku montaže tavanice.

Sva poznata rešenja polumontažnih tavanica zahtevaju relativno mnogo ručnog rada, veće transportne troškove i sporiju izgradnju.

Današnja ponuđena rešenja montažnih athezivno prednapregnutih tavanica su osetljiva na koroziju betona i fenomen tečenja betona. Naročito je problematična i za konstrukciju pogubna korozija tankih visokovrednih čeličnih žica koje će, po teoriji verovatnoće biti više osetljive od debljih armaturnih profila. Upravo iz ovih razloga preporučuje se da se u sredinama sa većom vlažnošću montažne athezivno prednapregnute ploče i ne izvode.

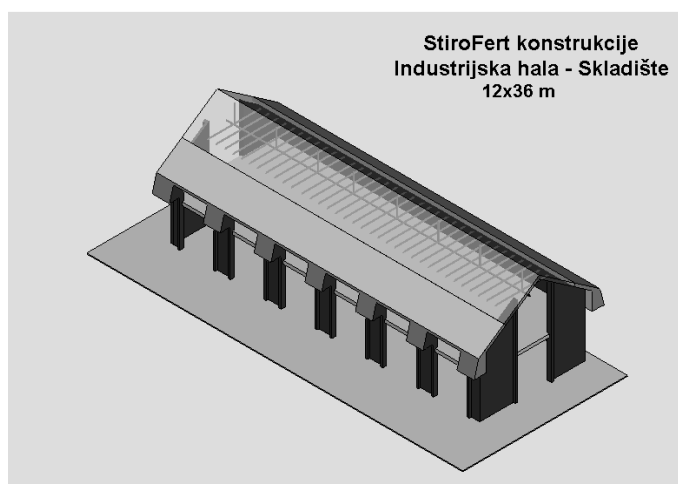
Polumontažna superlaka kasetirana StiroFert AB konstrukcija nema ni jedan od navedenih nedostataka postojećih rešenja, jer je učinjen napor da se ti nedostaci prevaziđu i ponudi tržištu novo rešenje opisano u ovom radu.

¹Doc.dr Milan Kekanović, dipl.inž.grad., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e-mail: kekec@gf.su.ac.yu

²Čeh Arpad, dipl.inž.grad., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e-mail: tinca77@freemail.hu

2. DETALJNI OPIS POLUMONTAŽNE SUPERLAKE STIROFERT ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE

Konstrukcija primenjena za izgradnju tavanica stambenih i javnih objekata mora pored nosivosti i stabilnosti udovoljiti još mnogo drugih zahteva. Pored zahteva za brzinom građenja, imamo zahteve da tavanica bude što lakša i dobro izolovana uz ekonomsku povoljnost, adekvatnu zaštitu armature u betonu, jednostavnu obradu sa donje i gornje strane i lako održavanje. Arhitektura u smislu kreiranja i uređenja prostora ima poseban zahtev, a to je adaptibilnost prostora. U većini slučajeva arhitektura biva uskraćena za to, jer taj zahtev može da poskupi rešenje, pogotovo ako međuspratna konstrukcija nije laka.



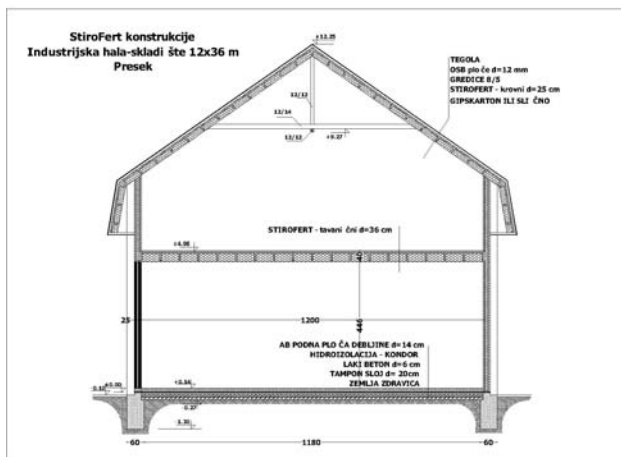
Slika 1. Prostorni prikaz rešenja industrijske hale-skladišta 12x36 m

Slika1. prikazuje primenu polumontažne superlake StiroFert AB konstrukcije kod većih raspona (12 i više metara). Intreresantno je istaći da je moguće ostvariti nosivost u dva smera, što čini konstrukciju elegantnijom. Naime, konstrukcija se sastoji prema slici 2. od specijalno oblikovanih polistiren elemenata (stiropor) zapreminske mase 17 g/dm^3 u kojima je na sredini po širini isečen podužni kanal i poprečni kanali na svakih 66 cm. U podužni kanal se stavlja glavna nosiva isključivo rešetkasta čelična armatura (binor) kvaliteta 500/560. Takav način armiranja garantuje veću krutost konstrukcije kako u stanju montaže, tako i u stanju eksploatacije. Veća krutost garantuje manje deformacije (progibe), veću nosivost i žilavost. Poprečni kanali se armiraju konstruktivno ili po potrebi i oni mogu obezbediti nosivi smer. Iznad rebara, po celoj površini se betonira ploča debljine najmanje 4 cm, koja je armirana mrežestom „Q” armaturom kvaliteta čelika 500/560.



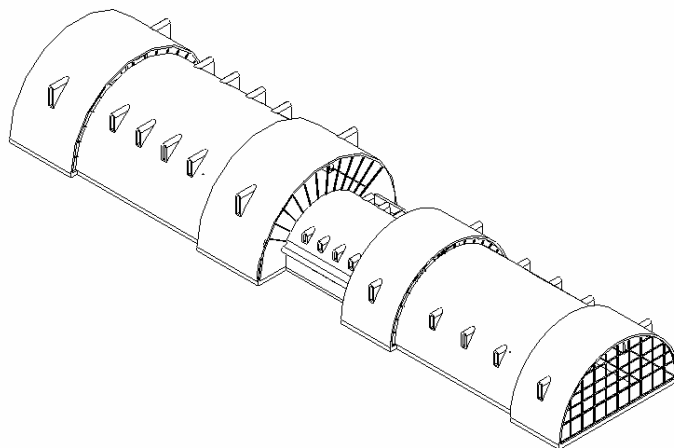
Slika 2. Polumontažna StiroFert gredica dužine 8m, pripremljena za montažu na zidove

Ploča preuzima naprezanja pritiska i predstavlja krutu horizontalnu dijafragmu, koja je u stanju da prenese horizontalne sile (npr. potresa) na zidove u odnosu njihovih krutosti. Zahvaljujući maloj masi, dobroj izolaciji, mogućnosti povezivanja u drugom smeru, superlake StiroFert AB konstrukcije prema slici 3. moguće je primeniti i kod izgradnje krovnih ravni. Tako bi istovremeno zadovoljili uslov dobre izolacije podkrovlja, a izostavili bi drvenu krovnu građu. Praktično, bilo bi potrebno izvršiti postavljanje kontraletvi i letvi, odnosno daščane oplate za krovne pokrivače: crep, tegolu i slično.



Slika 3. Poprečni presek sa prikazom superlakah AB konstrukcija

Kao što je već naglašeno u uvodnom delu ovaj tip konstrukcije moguće je primeniti i u obliku svodova, prema slici 4.



Slika 4. Superlaka StiroFert konstrukcija u obliku svodova bazena i sportskih hala

Ovaj tip konstrukcije naročito bi bilo interesantno primeniti kod izgradnje bazena, jer bi istovremeno imali laku konstrukciju, dobru izolaciju i zaštitu betona i armature. Prostor unutar objekata bazena možemo smatrati kao izuzetno izraženu agresivnu sredinu po materijale obzirom na povišenu vlažnost i mogući sadržaj hlora i amonijaka.

3. PRORAČUNSKE ŠEME

Superlake StiroFert konstrukcije moguće je primeniti i proračunati prema statičkim šemama kao gredu, kontinualni nosač, lučni nosač – trozglobni, dvozglobni ili uklješten. Dimenzionisanje je moguće uraditi kao armirano betonski „T” presek.

Posebno zanimljiva bila bi primena kod izgradnje manjih mostova i propusta (do 20m). Razlozi primene su zbog dobra izolacija sa donje strane, čime bi bilo sprečeno stvaranje leda na putu zimi. Smanjili bi potrebu za solenjem puta na delu mosta, čime bi izbegli nepovoljno delovanje soli na AB konstrukcije.

Poprečna rebra na osnom razmaku 66 cm bi odlično povezala podužna nosiva rebra (grede) u poprečnom pravcu, čime bi obezbedili aktiviranje celog preseka kod nesimetrično postavljenog opterećenja.

4. REZULTATI ISPITIVANJA MODELA SUPERLAKE STIROFERT AB KONSTRUKCIJE

Ispitivanja su izvršena prema standardu JUS U. N8. 030 i drugim vezanim standardima. Širina modela je 0,6 m sa dve armirane podužne gređice rešetkastim čeličnim „EUROPOLIS” armaturama (binorima) kvaliteta čelika 500/560 u količini dva komada po jednoj gređici. Dužina modela je 6 m (svetli otvor) sa statičkom dužinom $l_0 = 6 \times 1,05 = 6,3$ m. Kvalitet betona (klasa) marka MB30 Nadvišenje u toku izgradnje modela je dato $l/200$, što iznosi 3,0 cm. Podupiranje je urađeno samo na krajevima i u sredini modela što znači da je osni razmak podupirača bio 2,95 m.

Demontaža podupirača je urađena nakon 12 dana od dana izrade sa izmerenim ugibom $u_g = 0,15$ cm, usled vlastite težine.

Rezultati merenja ugiba u uslovima eksploatacije za opterećenje $g = 3,0$ KN/m² i $p = 2,0$ KN/m² iznosi u sredini raspona 0,34 cm što znači da ukupni ugib u sredini raspona iznosi $U_{g+p} = 0,15 + 0,34 = 0,49$ cm

Opterećenje prema slici 5. je nanešeno na model u veličini 7,4 KN/m', odnosno 12,33 KN/m², sa utvrđenim koeficijentom sigurnosti na lom:

$$\frac{S_{t,g} + S_{t,e}}{1,6xS_{t,g} + \Delta g + 1,8xS_{t,p}} = \frac{1,32 + 6}{1,6x2,0 + 1,8x1,33} = 1,31 > 1,0$$



Slika 5. Model superlake StiroFert konstrukcije u fazi opterećivanja

Primećuje se da su merene deformacije za eksploataciono opterećenje izuzetno male. Interesantno je istaći da su deformacije bile 90% povratne nakon rasterećenja maksimalno opterećenog ispitivanog modela. Jedini logičan zaključak je da su takvi rezultati dobijeni

zahvaljujući načinu armiranja isključivo rešetkastim armaturama (binorima), čime je ostvareno potpuno sadejstvo između betona i armature.

LITERATURA

- [1] Tomičić, I. : Betonske konstrukcije, Školska Knjiga, Zagreb, 1984.
- [2] Muravljev, M.: Građevinski Materijali, Građevinski fakultet, Beograd, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [3] Muravljev, M.: Osnovi teorije i tehnologije betona, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [4] Kekanović, M.: Patentna prijava P-2005/0492, Zavod za intelektualnu svojinu, Beograd, 2005.
- [5] Kekanović, M.: Patentna prijava P-2005/0855, Zavod za intelektualnu svojinu, Beograd, 2005.
- [6] Europolis : Prospektni materijal i atesti, Beograd, 2005.

SEMI-PREFABRICATED EXTRA-LIGHTWEIGHT POLYSTYRENE-FERT REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

***Resume:** This is the presentation of semiprefabricated extra-weight reinforced concrete construction suitable for great span intermediate construction, especially for earth-quake areas.*

Construction is made by reinforced lattice produced in „EUROPOLIS”, which enables complete collaboration between reinforcement and concrete. The result of that collaboration is greater bearing power and tenacity and lower deformations than the classical reinforcing.

***Keywords:** semiprefabricated, lightweight, construction*

PROCENA SEIZMIČKIH PERFORMANSI GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA

Dorđe Lađinović¹

UDK: 624.042.7

Rezime: *Aktuelni koncept projektovanja ne daje uvid u moguću veličinu oštećenja građevinskih objekata pri dejstvu zemljotresa čije karakteristike odgovaraju projektnom seizmičkom dejstvu. Projektovanje zasnovano na redukciji seizmičkih sila ne obezbeđuje uniformni rizik, jer objekti projektovani prema istim propisima mogu imati različit stepen oštećenja u toku istog zemljotresa. Potrebne seizmičke performanse konstrukcija mogu se odrediti samo ako se zadovolje višestruki projektni kriterijumi sigurnosti, koji se moraju proveriti za seizmička dejstva sa različitom verovatnoćom pojave.*

Ključne reči: *Zemljotresi, projektni kriterijumi, seizmički zahtevi, nelinearna analiza*

1. UVOD

Važan aspekt aseizmičkog projektovanja je sprečavanje naglog i nekontrolisanog rušenja konstrukcije. Sadašnja praksa projektovanja predstavlja tradicionalni pristup, zasnovan na silama i određivanju potrebne nosivosti. Poslednjih godina razvija se jedan novi pristup koji se, umesto na silama, zasniva na kontroli oštećenja [1], [2] i [3]. Njegova bitna prednost je mogućnost procene seizmičkih performansi kao kombinacije ponašanja konstrukcije i nenosećih elemenata, kojima se formira kompletan opis ukupnog stepena oštećenja objekta za više nivoa seizmičkog hazarda. Projektom konstrukcije i adekvatnim građenjem potrebno je sprečiti prevelika oštećenja noseće konstrukcije i povrede ljudi za dejstvo projektnog zemljotresa. Istovremeno se mora obezbediti i adekvatan stepen zaštite na pojavu oštećenja i ograničenja u funkcionisanju objekta za zemljotrese koji se mogu dogoditi više puta u eksploatacionom veku zgrade, ali i dovoljnu sigurnost za zemljotrese sa manjom verovatnoćom pojave od projektnog.

2. PONAŠANJE KONSTRUKCIJA ZA VREME JAKIH ZEMLJOTRESA

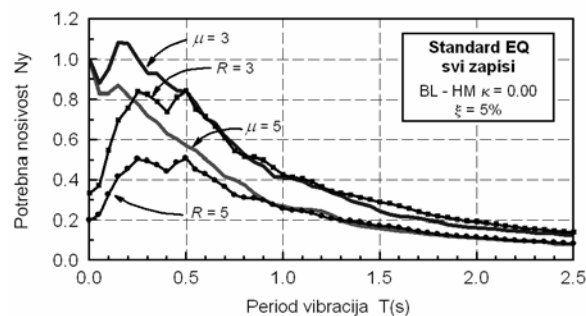
Klasičan koncept projektovanja zasniva se na kontrolisanom smanjenju nosivosti konstrukcije. Potrebna nosivost određuje se za projektni nivo seizmičkih uticaja F_d , koji je višestruko manji od vrednosti sila F_e pri elastičnom odgovoru, čime se dopušta neli-

¹ Dr Đorđe Lađinović, dipl inž građ., Fakultet tehničkih nauka, Građevinski odsek, 21000 Novi Sad, Trg. D. Obradovića 6, tel: 021-459-798, e-mail: ladjin@uns.ns.ac.yu

nearni odgovor. Zbog toga će konstrukcija tokom stvarnih zemljotresa biti izložena seizmičkim silama koje su približno jednake njenoj nominalnoj nosivosti F_y . Time je konstrukcija zaštićena od nepotrebnog preopterećenja, ali će se pri tome javiti i određeni stepen oštećenja, jer je konstrukcija prinuđena da pređe u neelastičnu fazu rada.

Seizmička analiza prema propisima sprovodi se primenom linearno elastičnog modela i redukovano se seizmičkog dejstva, te se ne raspolaže procenom nelinearnih deformacija. Nelinearni efekti uzimaju se približno, pomoću faktora duktilnosti μ ($\mu = u / u_y$, u – nelinearno pomeranje, u_y – pomeranje na granici elastičnosti). Ovaj koncept proračuna zasnovan je na principu jednakih pomeranja elastičnih i neelastičnih sistema, iz kojeg sledi da je faktor redukcije R jednak duktilnosti sistema μ ($u = u_e \Rightarrow R = \mu$). Metoda faktora duktilnosti je u različitim vidovima ugrađena u većinu savremenih aseizmičkih propisa, jer je pomoću nje moguće približno obuhvatiti nelinearne efekte primenom elastične analize i redukovano se seizmičkog dejstva. Njeno razumevanje je od bitne važnosti za razumevanje ponašanja konstrukcija za vreme jakih zemljotresa, a time i za pravilno aseizmičko projektovanje.

Proračun zasnovan na principu jednakih pomeranja samo je gruba aproksimacija stvarne reakcije konstrukcije na dejstvo realnih zemljotresa. Njegovom primenom mogu se dobiti nekonzervativni rezultati, što se može videti ako se uporedi nosivost određena primenom konstantnog faktora redukcije R sa nosivošću koja je potrebna da bi se ograničio nivo nelinearnih deformacija nezavisno od krutosti (sl. 1). Primenom konstantnog faktora redukcije, što je uobičajeno u inženjerskoj praksi, dobija se nedovoljna nosivost za krute konstrukcije. To je posebno izraženo kod slabijih konstrukcija, tj. pri primeni većeg faktora redukcije R . Zbog toga se kod konstrukcija projektovanih na osnovu aktuelnih seizmičkih propisa, pri dejstvu stvarnih zemljotresa mogu očekivati veće neelastične deformacije od pretpostavljenih, a time i veći stepen oštećenja.



Slika 1. Odgovor konstrukcije na dejstvo zemljotresa

Određivanje potrebne duktilnosti, koju konstrukcija određene nosivosti mora imati da ne bi došlo do rušenja, relativno je jednostavno. Pri projektovanju je daleko teže rešiti inverzan problem, u kojem se određuje minimalna nosivost koja će biti dovoljna da nivo nelinearnih deformacija bude u predviđenim granicama. Ovaj problem se može rešiti samo iterativno, kroz veći broj nelinearnih dinamičkih analiza [4]. Dozvoljena redukcija

nosivosti zavisi od perioda konstrukcije T , predviđenog nivoa nelinearnih deformacija (duktilnosti μ) i frekventnog sastava kretanja tla (perioda T_g) [3]:

$$R = 1 + (\mu - 1) \left[1 - \exp\left(-\frac{15 + 2\mu}{3\mu} \cdot \frac{T}{T_g}\right) \right] \quad (1)$$

Na ovaj način se može odrediti nosivost koja je potrebna da se za dejstvo "običnih" zemljotresa dobije ista zahtevana duktilnost ($\mu = const.$) nezavisno od krutosti. Međutim, mora se voditi računa da dozvoljena redukcija nosivosti zavisi i od tipa zemljotresa, kao i od dužine trajanja jakog dela oscilacija tla i dozvoljenog stepena oštećenja [4].

Rezultati određeni iz nelinearnog odgovora sistema sa jednim stepenom slobode, mada relevantni kao osnovni podaci, moraju se modifikovati za projektovanje višespratnih zgrada [5]. Zbog toga se konstrukcija zgrade modelira kao ekvivalentni sistem sa jednim stepenom slobode, čije se karakteristike (sila F_{es} i pomeranje u_{es}) određuju pomoću karakteristika sistema sa više stepeni slobode:

$$u_{es} = \frac{u_t}{\Gamma}, \quad F_{es} = \frac{V}{\Gamma}, \quad \Gamma = \frac{\phi^T \mathbf{m} \mathbf{1}}{\phi^T \mathbf{m} \phi} \quad (2)$$

gde je V ukupna smičuća sila u osnovi zgrade, u_t pomeranja vrha zgrade, a Γ faktor participacije za čije se izračunavanje koristi vektor spratnih pomeranja ϕ određen primenom NSA za usvojenu raspodelu poprečnih sila. Ovaj vektor je normiran tako da je pomeranje na vrhu zgrade jednako 1.

Zavisnost između sile V i pomeranja u_t određuje se pomoću nelinearne statičke analize (NSA) za usvojenu raspodelu poprečnog opterećenja, koja ostaje konstantna tokom celokupne analize. Kroz rešavanje inkrementalnih nelinearnih uslova ravnoteže, prati se razvoj plastičnih zglobova sve dok se ne formira neki od mogućih mehanizama rušenja. Izbor raspodele seizmičkih sila po visini zgrade predstavlja veoma važan korak u NSA. Pri tome treba istaći da jedinstveno rešenje ne postoji, jer se primenom različitih raspodela poprečnog opterećenja dobijaju različite krive sila-pomeranje. Zbog toga se u praktičnim proračunima uobičajeno primenjuju bar dve različite raspodele poprečnog opterećenja. Seizmički zahtevi za ekvivalentni sistem sa jednim stepenom slobode mogu se odrediti pomoću nelinearnih spektara ili primenom nelinearne dinamičke analize. Pomoću jednačine (2), maksimalno pomeranje ekvivalentnog sistema u_{es} transformiše se u maksimalno pomeranje vrha zgrade u_t kojem će višespratna zgrada biti izložena u toku zemljotresa. Uticaji u višespratnoj konstrukciji (sile u presecima, spratna pomeranja itd.) određuju se pomoću NSA, pri čemu je potrebno realizovati maksimalno pomeranje vrha zgrade u_t . Na ovaj način može se na jednostavan način proceniti veličina seizmičkih zahteva na lokalnom i globalnom nivou.

3. PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA ZASNOVANO NA PROCENI SEIZMIČKIH PERFORMANSI

Od izbora sistema za ukrućenje zgrade i primenjenih konstrukcijskih rešenja, zavisice i stvarno ponašanje objekta u toku jakih zemljotresa. U zavisnosti od očekivanog

(željenog) ponašanja konstrukcije, pri projektovanju je potrebno odrediti odgovarajući balans između, krutosti, minimalno potrebne nosivosti i duktilnosti konstrukcije. Ovaj balans je karakterisan vrednošću faktora redukcije R , koji određuje nivo do kojeg se može iskoristiti nelinearno ponašanje konstrukcije, a da pri tome ne dođe do prevelikih razaranja ili rušenja objekta.

Iako su zahtevana duktilnost i veličina disipirane histerezisne energije bitni parametri nelinearnog odgovora konstrukcije, oni sami po sebi ne daju informaciju o nastalim oštećenjima. Da bi se procenio stepen oštećenja konstrukcije, mora se poznavati i njen raspoloživi kapacitet deformisanja. Ponašanje konstrukcije za vreme zemljotresa i njen stepen oštećenja, mogu se kvantifikovati pomoću indeksa oštećenja DI . Vrednost $DI = 0$ označava neoštećenu konstrukciju, tj. linearno elastično ponašanje konstrukcije u toku zemljotresa, dok vrednost $DI = 1$ označava lom konstrukcije, tj. parcijalno ili potpuno rušenje konstrukcije. Vrednostima $DI < 0.2$ odgovaraju mala oštećenja, vrednostima između 0.2 i 0.5 umeren stepen oštećenja, dok je vrednost $DI = 0.5$ granica između granica između umerenih i velikih oštećenja. U [3] je formulisana indeks oštećenja koji je dat u funkciji histerezisne energije E_h i plastične deformacije μ_p ($\mu_p = \mu - 1$), kao:

$$DI = \frac{\mu_p}{\mu_u - 1} \left(1 + \alpha \beta \frac{\varepsilon}{\mu_p} \right) = \frac{\mu_p}{\mu_u - 1} F(\varepsilon, \mu) \quad (3)$$

gde je μ_u kapacitet duktilnosti pri monotono rastućem povećanju deformacija, ε je normalizovana histerezisna energija ($\varepsilon = E_h / F_y u_y$), dok je β parametar koji zavisi od deterioracije u funkciji količine histerezisne energije. Vrednost koeficijenta β nalazi se u granicama od 0.10 do 0.25, dok se kao prosečna vrednost može uzeti $\beta = 0.15$. Parametar nelinearnog odgovora α zavisi od broja ciklusa neelastičnih deformacija:

$$\alpha = 1 - \mu_c / \mu_{ac}, \quad \mu_c = u_{c,max} / u_y, \quad \mu_{ac} = 1 + (\sum |u_{p,i}^+| + \sum |u_{p,i}^-|) / u_y \quad (4)$$

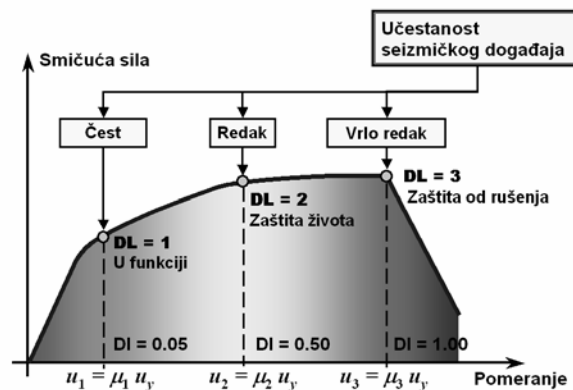
gde su sa μ_c i μ_{ac} obeležene ciklična i akumulirana duktilnost. Ciklična duktilnost μ_c zavisi od maksimalne plastične ekscurzije $u_{c,max}$, a akumulirana duktilnost μ_{ac} od zbira neelastičnih deformacija pri svim pojedinačnim ciklusima nelinearnih pomeranja.

Na bazi indeksa oštećenja razvijeni su postupci proračuna koji omogućavaju da se pri projektovanju bira stepen oštećenja konstrukcije [4]. Da bi konstrukcija poznate nosivosti imala dovoljnu sigurnost, potrebno je da njen raspoloživi kapacitet deformisanja μ_u bude veći od duktilnosti μ_r pri kojoj je stepen oštećenja jednak dozvoljenoj vrednosti ($DI = DI_{doz}$). Vrednost potrebnog kapaciteta duktilnosti μ_r može se odrediti na osnovu jednačine (3), postavljajući uslov $\mu_r = \mu_u$, što daje:

$$\mu_r = 1 + \frac{\mu - 1}{DI} F(\varepsilon, \mu) \quad (5)$$

Potreban kapacitet duktilnosti μ_r za određeno granično stanje konstrukcije, pored dozvoljenog stepena oštećenja, zavisi i od zahtevane duktilnosti μ i funkcije $F(\varepsilon, \mu)$ koja se određuju na osnovu odgovora konstrukcije za razmatrano seizmičko dejstvo. Sa druge strane, projektovanje može da se zasniva i na iznalaženju potrebne nosivosti kojom će se ograničiti oštećenje noseće konstrukcije ($DI \leq DI_{doz}$). Ovaj zadatak je znatno teži od prethodnog i ne može se rešiti direktno već samo iterativno [3].

Pri projektovanju je potrebno obezbediti adekvatan stepen zaštite na pojavu oštećenja i ograničenja u funkcionisanju objekta za zemljotrese koji se mogu dogoditi više puta u eksploatacionom veku objekta. Istovremeno, potrebno je sprečiti prevelika oštećenja noseće konstrukcije i povrede ljudi za dejstvo projektnog zemljotresa, kao i sprečiti rušenje objekta za zemljotrese sa manjom verovatnoćom pojave od projektnog. Da bi se zadovoljili svi ovi zahtevi, projektovanje mora biti zasnovano na proceni seizmičkih performansi. Usvojena su tri projektna nivoa (Design Level - DL), kojima odgovara različita učestanost seizmičkog događaja i različit nivo ponašanja zgrade (sl. 2). Svaki nivo ponašanja predstavlja određenu kombinaciju konstruktivnog i nekonstruktivnog nivoa ponašanja koji daje kompletan opis dozvoljenog stepena oštećenja objekta.



Slika 2. Odgovor konstrukcije na dejstvo zemljotresa

Za svaki projektni nivo proverava se da li su ispunjeni kriterijumi sigurnosti. Pri tome se, pored kontrole pomeranja i deformacija nekonstruktivnih elemenata, proverava i stepen oštećenja konstrukcije. Potrebna nosivost, za koju se dobija zadovoljavajuće ponašanje konstrukcije za sve nivoe seizmičkog hazarda, može se odrediti kao maksimalna vrednost potrebnih nosivosti za svaki pojedinačni projektni nivo [4]. Na ovaj način će se osigurati da stepen oštećenja konstrukcije pri ma kojoj učestanosti zemljotresa bude manji ili jednak dozvoljenoj vrednosti. Konstrukcija će imati dovoljnu sigurnost ako se zahtevana duktilnost μ za vreme zemljotresa ograniči na vrednost μ_m pri kojoj je zadovoljen propisani kriterijum $DI = DI_{doz}$. Postavljajući uslov $\mu = \mu_m$, iz (3) sledi:

$$\mu_m = 1 + \frac{\mu_u - 1}{F(\varepsilon, \mu)} DI \quad (6)$$

Kada se odredi maksimalna dopuštena duktilnost μ_m , faktor redukcije R određuje se na osnovu izraza (1). Sa poznatim faktorom R , seizmičko dejstvo na konstrukciju dobija se iz elastičnog spektra odgovora, a time i potrebna nosivost pri kojoj je stepen oštećenja u propisanim granicama. Da bi se na ovaj način odredila duktilnost μ_m , neophodno je poznavati vrednost funkcije $F(\varepsilon, \mu)$ kojom je obuhvaćen efekat akumulacije neelastičnih deformacija. Ona zavisi od osobina konstrukcije i karakteristika kretanja tla, te se može odrediti samo na osnovu nelinearne dinamičke analize. Međutim, ako se nema uvid u veličinu nelinearnih efekata na osnovu nelinearne dinamičke analize, potrebno ih je na neki način proceniti, pa makar i približno.

4. ZAKLJUČAK

Aktuelni koncept projektovanja ne daje uvid u moguću veličinu oštećenja noseće konstrukcije na dejstvo zemljotresa čije karakteristike odgovaraju projektom seizmičkom dejstvu. Njime nije obezbeđen ni isti nivo zaštite jer konstrukcije, koje su projektovane prema istim propisima, mogu imati različito ponašanje i različit stepen oštećenja za vreme istog zemljotresa. Uniformni rizik se obezbeđuje samo pomoću projektovanja zasnovanog na proceni oštećenja, pri čemu se moraju obuhvatiti i efekti akumulacije neelastičnih deformacija. Ponašanje konstrukcija za vreme zemljotresa ne može se dovoljno dobro proceniti ako se njihova otpornost određuje, kako je to uobičajeno, samo za jedan nivo seizmičkog dejstva i na osnovu kriterijuma sigurnosti iskazanih po silama. Potrebne seizmičke performanse konstrukcija mogu se odrediti jedino ako se zadovolje višestruki projektni kriterijumi sigurnosti (po pomeranjima, deformacijama i oštećenjima) za seizmička dejstva sa različitom verovatnoćom pojave. Samo se na taj način može obezbediti da svi ciljevi i zahtevi seizmičke zaštite (sigurnost, funkcionalnost i ekonomičnost) budu u potpunosti zadovoljeni.

LITERATURA

Priestly M.J.N.: Performance based seismic design. 12th WCEE, New Zeland, 2000, Paper No. 2831, pp.1-22.

Bertero D.R., Bertero V.V.: Performance-based seismic engineering. Earthquake Engineering and Structural Dynamics 31 (3), 2002, pp. 627-652.

Ladinović Đ.: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija zasnovano na proceni oštećenja. XXI Kongres JDGK, Vrnjačka Banja, 2002, str. 163-168.

Ladinović Đ.: Višekriterijumska analiza seizmičke otpornosti konstrukcija armiranobetonskih zgrada. JDGK, Vrnjačka Banja, 2004, knjiga 1, P-4: 65-76.

Chopra, K.A.: Estimating seismic demands for performance-based engineering of buildings. 13th WCEE, Canada, 2004, Paper No. 5007.

ESTIMATION OF SEISMIC PERFORMANCES OF CIVIL ENGINEERING STRUCTURES

Summary: *The existing seismic design procedures cannot provides adequate inspection of damage of civil engineering structures in quantitative terms. The design based on force-reduction factor results in non-uniform risk, thus two different structures designed to the same code and with the same ductility factors may experience different levels of damage under a given earthquake. The required seismic performances of the structures can be obtained only by satisfying multi-level design criteria (in displacements, deformations and damage) for seismic actions with different probability of exceedance.*

Key words: *Earthquakes, design criteria, seismic demands, inelastic structural analysis*

GLAVNI PROJEKAT KONSTRUKCIJE ZA ELA CENTAR U PODGORICI

Duško Lučić¹,
Biljana Šćepanović²,
Srđa Aleksić³,
Nadežda Lučić⁴

UDK:624.04
624.014.2

Rezime: Urađen je projekat rekonstrukcije objekta hale montaže "R. Dakić", Podgorica. Predviđena je prenamjena postojećeg objekta hale montaže u poslovno-tržni ELA CENTAR, sa cash & carry marketom i pratećim sadržajima. Novoprojektovana konstrukcija je čelična, sa međuspratnim konstrukcijama od siporeks tabli, monolitizovanih tankim slojem armiranog betona.

Ključne riječi: glavni projekat, čelična konstrukcija, rekonstrukcija

1. UVOD

Za potrebe investitora EXPONAT d.o.o, urađen je glavni projekat rekonstrukcije objekta hale montaže "R. Dakić" u Podgorici.

Predviđena je prenamjena postojećeg objekta hale montaže u poslovno-tržni ELA CENTAR, sa cash & carry marketom i pratećim sadržajima. Gabariti osnove postojećeg objekta se ne mijenjaju, sa izuzetkom novoprojektovanih nadstrešnica nad ulazima. U unutrašnjosti objekat treba nivelaciono podijeliti na tri etaže.

Konstrukcija je urađena u svemu poštujući idejni projekat, kao i odnosne tehničke propise i standarde, a obzirom na lokaciju i namjenu objekta. Dokazana je statička sigurnost konstrukcije, upotrebljivost, kao i prostorna stabilnost. Konstrukcija je analizirana za sljedeća opterećenja: sopstvena težina sa stalnim opterećenjem, korisno opterećenje, snijeg, vjetar i seizmičko opterećenje. Osnovni materijal konstrukcije je čelik Č.0361 saglasno JUS C. B0. 500/1989. Temeljna konstrukcija je betonska i armirano-betonska, MB 30 sa GA 240/360, po PBAB 87. Konstrukcija liftovskih jezgara je takođe armirano-betonska, MB 30 sa GA 240/360 i MAG 500/560, po PBAB 87.

¹ Prof.dr, dipl.inž.građ, Građevinski fakultet, Cetinjski put bb, 81000 Podgorica, dlucic@cg.yu

² Mr, dipl.inž.građ, asistent, Građevinski fakultet, Cetinjski put bb, 81000 Podgorica, biljajs@cg.yu

³ Mr, dipl.inž.građ, saradnik, Građevinski fakultet, Cetinjski put bb, 81000 Podgorica, asrda@cg.yu

⁴ Dipl.inž.građ, Srednja građevinska škola, ul. Vasa Raičkovića bb, 81000 Podgorica, dlucic@cg.yu

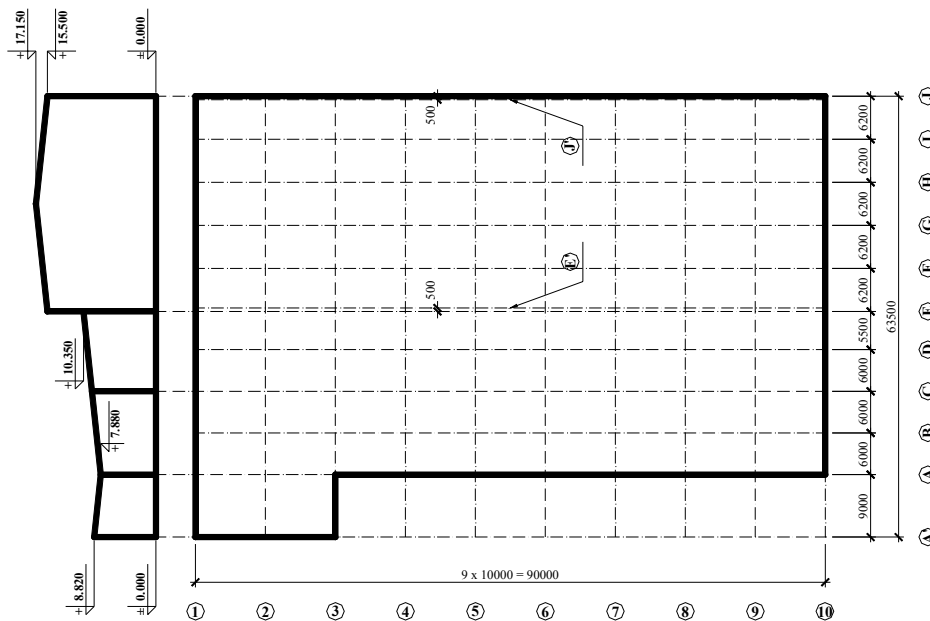
Postojeći objekat ima 6165 m^2 korisne površine u osnovi. Nakon rekonstrukcije ukupna korisna površina će biti 11290 m^2 .

Tabela 1 - Količine osnovnih materijala za novoprojektovane konstruktivne elemente

materijal	čelik (za konstr.)	beton	armatura	siporeks ploče
količina	327750 kg	410 m^3	27700 kg	680 m^3

2. OPIS POSTOJEĆEG OBJEKTA

Objekat hale montaže "R. Dakić", u osnovi je dimenzija $(12.00 + 11.50 + 31.00) \times 90.00\text{ m}$. Sastoji se iz dvije cjeline: visoki brod - hala ($31.00 \times 90.00\text{ m}$) i niski dio - dvobrodni aneks ($(12.00 + 11.50) \times 90.00\text{ m}$). Na koti $+4.000\text{ m}$ u osnovu objekta se uključuje i dio dimenzija $(9.00 \times 20.00\text{ m})$ koji predstavlja unutrašnju komunikaciju između stare i nove hale montaže. Dio aneksa, između osa A i C već ima dvije etaže, sa spregnutom međuspratnom konstrukcijom na koti $\approx +4.000\text{ m}$.



Slika 1. Osnova i poprečni presjek postojećeg objekta

3. OPIS NOVOPROJEKTOVANE KONSTRUKCIJE

U okviru rekonstrukcije objekta projektovano je:

- ✦ međuspratne konstrukcije na kotama $+4.600\text{ m}$ i $+9.200\text{ m}$,
- ✦ fasadna konstrukcija,

- ◊ stepeništa,
- ◊ liftovska jezgra i
- ◊ platforme za termo-mašinsku opremu.

Međuspratne konstrukcije na kotama + 4.600 m i + 9.200 m projektovane su od siporeks tabli debljine $d = 15 \text{ cm}$, koje se u statičkom sistemu proste grede raspona $l = 2.0 \text{ m}$ oslanjaju na sistem podnih nosača. Monolitizacija tavanice od siporeks tabli izvodi se slojem armiranog betona debljine $d = 5 \text{ cm}$, sa mrežom MAG Q188 po sredini debljine sloja. Podni nosači su čelični (zavareni) I-profil (visine 300 do 350 mm), raspoređeni na međusobnom rastojanju od $\lambda = 2.0 \text{ m}$. Ovi nosači, raspona $l = 5.0 \text{ m}$, sistema prosta greda ili kontinualni nosač na n polja, pružaju se u podužnom pravcu hale, a oslanjaju se na sistem rigli, koje su takođe čelični (zavareni) I-profil (visine 850 mm), raspoređeni na međusobnom rastojanju od $\lambda = 5.0 \text{ m}$. Rigele međuspratne konstrukcije, koje se pružaju u poprečnom pravcu hale, oslanjaju se na postojeće i novoprojektovane čelične stubove, kao i na podvlake. Rigele su različitih raspona i statičkih sistema. Podvlake su takođe čelični (zavareni) I-profil (visine 850 mm), a postavljene su u podužnom pravcu hale. Gornje ivice podnih nosača, rigli i podvlaka su u istoj ravni, na koti + 4.390 m, odnosno + 8.990 m, u odnosu na kotu poda $\pm 0.000 \text{ m}$.

Postojeća fasadna konstrukcija u osama A, J i 10 se zadržava. Fasada se produžava iznad krovne površi, u vidu novoprojektovanih fasadnih maski, do kote + 18.080 m. Konstrukciju maski čine ivične rigele maski (HOP [profili), na koti + 18.080 m, i stubovi maski (I-profil), u nastavku postojećih stubova. U osi 1 je projektovana nova fasadna konstrukcija koja objedinjuje fasadu, nadstrešnicu nad glavnim ulazom u objekat i elemente međuspratnih konstrukcija na kotama + 4.600 m i + 9.200 m.

Za vertikalnu komunikaciju u objektu predviđena su dva lifta (putnički i teretni) i dva stepeništa (trokrako i dvokrako).

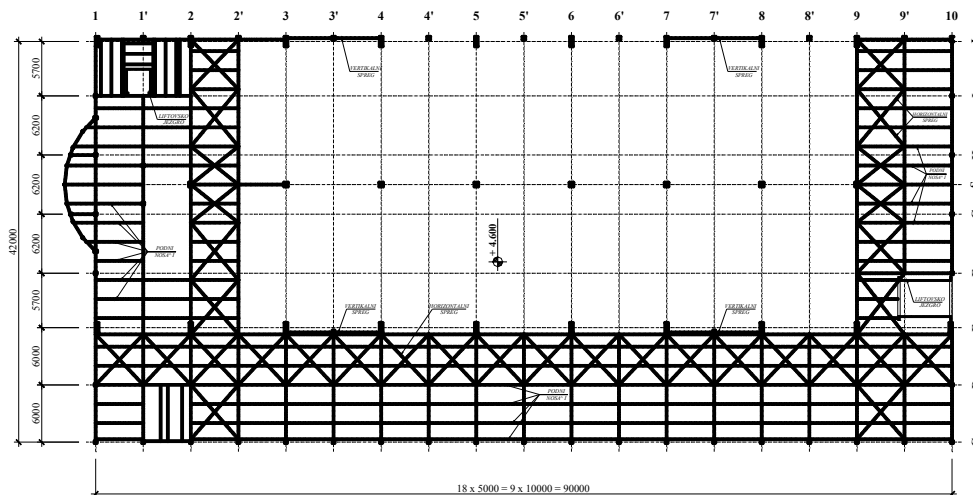
Za oba lifta planirana su ab-jezgra. Dubina fundiranja jezgara usvaja se kao kod postojećih temelja ($D_f = 2.0 \text{ m}$). Oba lifta su sa po tri stanice, na kotama $\pm 0.000 \text{ m}$, + 4.600 m i + 9.200 m. Visina zadnje stanice putničkog lifta je 3.50 m (iznad kote + 9.200 m). Iz arhitektonskih razloga jezgro teretnog lifta izdiže se iznad najvisočije kote objekta za oko 3 m. Potrebna količina armature usvojena je na osnovu minimalnog procenta armitanja, prema *Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*.

Trokrako stepenište polazi sa kote $\pm 0.000 \text{ m}$. Sa tri kraka od po 10 stepenika (visina/gazište = 15.33/30 cm/cm) izlazi na kotu + 4.600 m, odnosno sa ponovljena tri kraka izlazi na kotu + 9.200 m. Širina kraka je 3.00 m. Stepenci su čelični T-profil, položeni preko tri nosača stepenika u svakom kraku. Svi nosači stepenika su zavareni čelični I-profil.

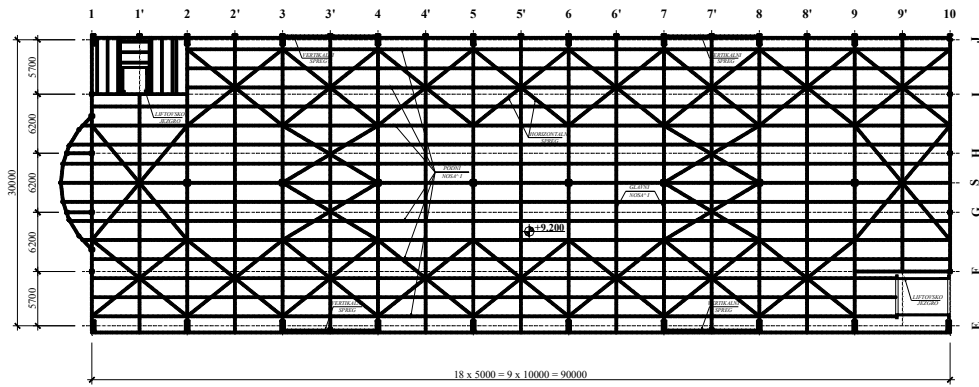
Dvokrako stepenište polazi sa kote $\pm 0.000 \text{ m}$. Sa dva kraka od po 15 stepenika (visina/gazište = 15.33/30 cm/cm) izlazi na kotu + 4.600 m. Oba kraka su sa po jednim nosačem stepenika u sredini, preko kojeg su položeni stepenci sistema konzole na obje strane ($2 \times 0.75 = 1.50 \text{ m}$). Stepenci su čelični T-profil, promjenljive visine. Poprečni presjek nosača stepenika je formiran zavarivanjem dva HOP U-profila na jedan zavareni

I-profil, tako da se formira kutija spoljašnjih dimenzija $180 \times 220 \text{ mm}$. Ovakvo rješenje je usvojeno iz estetskih razloga – trebalo je zadovoljiti kriterijume nosivosti i upotrebljivosti sa što manjom visinom presjeka nosača koji je izložen pogledu.

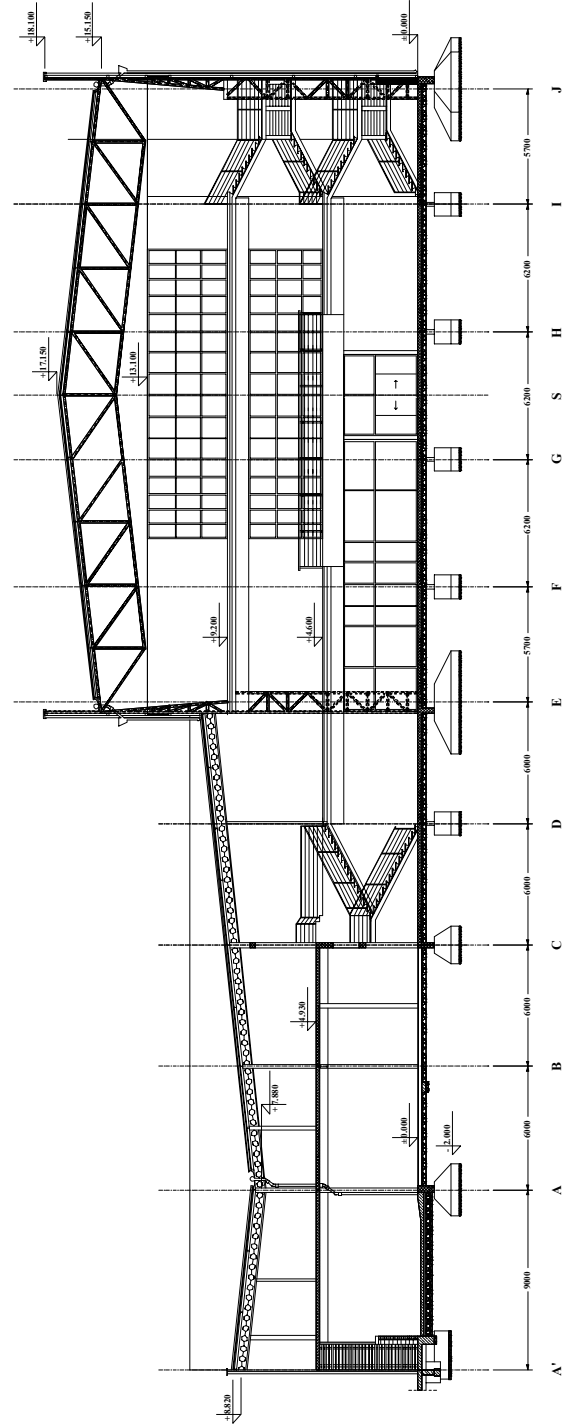
Iznad krova aneksa, na koti $+ 12.350 \text{ m}$, predviđene su platforme za smještanje termo-mašinske opreme. Projektovana je jedna tipska platforma, dimenzija $10.00 \times 12.00 \text{ m}$ u osnovi, kakva je postavljena na četiri mjesta. Platforme su računane prema opterećenju preuzetom iz termo-mašinskog projekta. Gazište platforme je od istegnutog metala, postavljenog preko nosača gazišta, koji su statičkog sistema greda s podupiralom. Rigla je HOP $\square 60 \times 40 \times 3.0$, a kosnici su HOP $\text{Ø } 33.7 \times 3.2$. Ovi nosači su raspona 2.50 m , na međusobnom rastojanju 1.00 m , a oslanjaju se na roštilj glavnih nosača i podvlaka, zavarenih I-profila (visine 330 mm). Roštilj glavnih nosača i podvlaka preko stubova HOP $\square 200 \times 120 \times 4$ prenosi opterećenje na postojeće stubove i krovne nosače aneksa.



Slika 2. Međuspratna konstrukcija na koti $+ 4.600$



Slika 3. Meduspratna konstrukcija na koti + 9.200



Slika 4. Karakteristični poprečni presjek

4. KONTROLNI STATIČKI PRORAČUN POSTOJEĆE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE

Za postojeću međuspratnu konstrukciju aneksa urađen je kontrolni statički proračun, obzirom na prenamjenu objekta i nova opterećenja. Konstatovano je da u jednom dijelu postojeća međuspratna konstrukcija ne može ponijeti novo predviđeno opterećenje, te je potrebna sanacija.

5. KONTROLNI SEIZMIČKI PRORAČUN

Obzirom na prenamjenu objekta (nova opterećenja, nove međuspratne konstrukcije) urađen je kontrolni seizmički proračun. Konstatovano je da postojeća ukrućenja i konstruktivni elementi ne obezbjeđuju prostornu stabilnost objekta i seizmičku nosivost. Predloženo je rješenje postizanja iste ojačanjem postojećih vertikalnih spregova i dodavanjem novih.

LITERATURA

- [1] ELA CENTAR, Podgorica - Glavni projekat konstrukcije, Građevinski fakultet u Podgorici, 2005. godine

ELA CENTAR IN PODGORICA – MAIN DESIGN OF STRUCTURE

Summary: *Reconstruction design of assembling hall "R. Dakić" in Podgorica has been made. The existing hall is going to change its purpose from factory hall to business-shopping centre with cash&carry market. New structure is steel structure and floors are made of siporex plates with thin layer of reinforced concrete.*

Key words: *main design, steel structure, reconstruction*

PERMEABILITET I TRAJNOST BETONA

János Major¹

UDK:666.971.17

Rezime: Rad se bavi sa mogućnostima određivanja permeabiliteta betona pripremljenim sa raznim vodocementnim faktorima.

Ključne reči: permeabilitet betona, trajnost, vodopropusnost, gasopropusnost

1. Uvod

Trajnost betona se određuje na osnovu osobina betona: zbijenost, negovanje i karakteristične čvrstoće. Ta klasifikacija ne odgovara današnjim inženjerskim zahtevima. Medjunarodna istraživanja se vrše radi postavljanja opštih kriterija pomoću kojih bi se moglo utvrditi vek trajanja betonskih konstrukcija sa određenom sigurnošću.

Ispitivanja koja su u toku, bave se sa transport mehanizmima agresivnih materijala. Ti materijali su prisutni u gasnom ili u tečnom stanju. To znači da se transport fluida može opisati sa jednim mehanizmom ili sa kombinacijom mehanizama [1] [2]

Važno je odrediti, koja je ta osobina sa kojom možemo opisati otpornost betona prema transportu agresivnih materijala.

Dosadašnja ispitivanja pokazuju da postoji veza između osobina materijala i parametara fluidtransporta [3][4][5][6][7].

Mnogi istraživači su opisali transport fluida u medjunarodnoj stručnoj literaturi. Izradjene su mnoge analitičke i numeričke metode za određivanje parametara transporta [8][9][10][11][12][13][14].

Pripremljeni su neki kompjuterski modeli i konstruisane su merni instrumenti za merenje gaso- i vodopropusnosti [15][16][17][18].

Merenja koja su obavljena sa različitim tehnikama ne mogu se uporediti. Javlja se potreba za standardizovanu metodu merenja.

Za određivanje vodopropusnosti - steady-state flow - konstantan tok - postoje mnoge metode (samo jedna metoda je prihvatljiva).

¹ Prof. János Major CE, MSc, PhD, Szent István University Ybl Miklós Technical Faculty, Budapest, Thököly 74.

Za određivanje vodopropusnosti - non steady-state flow - promenljivi tok - postoje mnoge metode merenja. Kod promenljivog toka vode imamo posla sa kombinacijom transport mehanizama. To znači da ne možemo odvojiti difuziju, kapilarno upijanje i tečenje vode.

Merenja difuzije i gaspermeabiliteta daju tačnije podatke. Za određivanje gaspermeabiliteta postoje mnoge "in situ" merni instrumenti.

Merne metode koje se preporučuju u međunarodnoj literaturi često zanemaruju početnu vlažnost probnih uzoraka. Najčešće nije definisan predtretman uzoraka. Zato merenja se ne mogu reprodukovati.

Međunarodni zahtevi prema merenju permeabiliteta betona su sledeći:

- merni rezultati sa malim koeficijentom varijacije,
- mogućnost primene na uzorcima vadjenim kernericom,
- trajanje merenja kratak,
- jednostavno merenje,
- jeftino merenje.

2. Osobine od kojih zavisi permeabilitet

Permeabilitet betona zavisi od strukture pora (prečnik pora i veza između tih pora). Strukturu pora u betonu određuje cementni kamen i kontaktna površina između cementnog kamena i agregata (interface). Na osobine cementnog kamena utiče:

- stepen hidratacije - do 28 dana starosti smanjuje se volumen velikih pora. Ukupna poroznost betona se smanjuje sa starošću betona.

- vodocementni faktor - kapilarne pore (10^{-6} m) se stvaraju zbog viška vode u toku hidratacije, ta voda se ne vezuje ni u gel porama (10^{-9} m).

- nega betona - zasićenost vodom - neki istraživači tvrde da to prouzrokuje reverzibilnu volumensku promenu u cementnom kamenu.

3. Rezultati istraživanja

Permeabilitet betona se opisuje pomoću sledećih osobina: koeficijent difuzije, gasopropusnost, vodopropusnost i kapilarno upijanje vode.

Sušćina nove metode je u tome da se na istom betonskom uzorku mogu odrediti sve te karakteristike. Dimenzije betonskog probnog tela zavise jedino od maksimalnog prećnika zrna agregata.

Ta metoda je omogućila upoređivanje različitih mernih metoda sa strane sigurnosti i tačnosti. Kao rezultat ispostavilo se da najsigurnije rezultate dobijamo sa merenjem gasopropusnosti - gaspermeabiliteta.

Betonski uzorci pre merenja su čuvane na određenim relativnim vlažnostima dok nisu dostigle konstantnu masu. Gubitak mase je merenjem određen i prikazan u zavisnosti od vodocementnog-faktora (Slika 1.). Merenja su pokazala, da za dostizanje ravnotežne vlažnosti, potrebno mnogo više vremena nego koliko u međunarodnoj literaturi nalazi.

Izračunao sam srednje prečnike pora prema teoriji **Klinkenberg-a**, **Hagen-Poiseulle-a** i **Kelvin-a** (Slika 3. i Slika 5.). Sa ovim rezultatima sam uporedio meranja sa MIP (Mercury Intrusion Porosimetry - Slika 2. i Slika 5.).

Na tako pripremljenim uzorcima su vršena merenja gasopropusnosti. Rezultati su prikazani u zavisnosti od v/c-faktora i stepena vodozasićenosti pora (Slika 6.). Sa povećavanjem vodozasićenosti smanjuje se gasopropusnost. Kod velikih vodozasićenosti proticanje gasa možemo meriti samo ako dostižemo takozvani **kritični pritisak**. U tom slučaju protok gasa prouzrokuje istiskanje male količine vode iz pora betona.

4. Gde se mogu primeniti rezultati istraživanja

Rezultati ispitivanja se direktno mogu primeniti kod projektovanja betonskih konstrukcija

i kod ispitivanja trajnosti betonskih konstrukcija jer:

- gasopropusnost i vodopropusnost su važni faktori kod projektovanja rezervoara za gasove i hidrotehničkih betonskih konstrukcija,
- zaštita betonske armature od korozije zavisi od faktora difuzije, koji utiče na brzinu karbonatizacije i prodora klorida.
- kapilarnim upijanjem vode stižu agresivne materije i kloridi u beton.

Numeričke vrednosti permeabiliteta k (m^2) se mogu preračunati na takozvani faktor permeabiliteta K (m/s) (koeficijent permeabiliteta - Tabela 1.). To znači da za merenje možemo primeniti bilo kakav fluid jer na osnovu dobijenih rezultata možemo izračunati apsolutni permeabilitet betona.

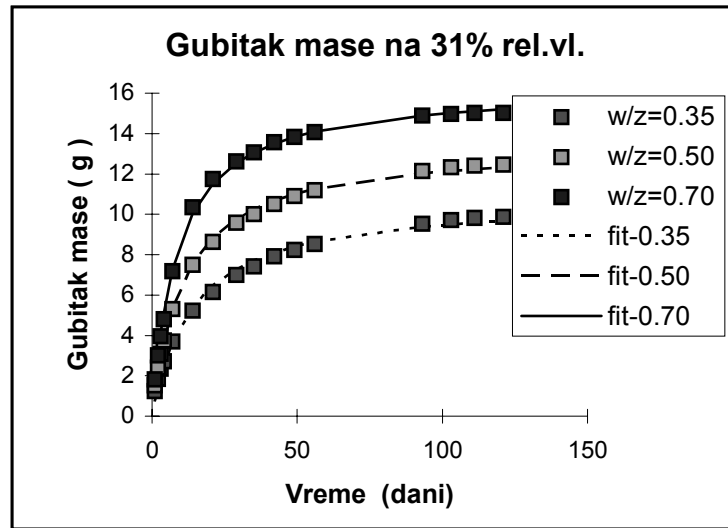
Ako se koristi voda za merenje ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) :

$$K_{\text{Voda}}(m/s) = 9.75 * 10^6 * k (m^2)$$

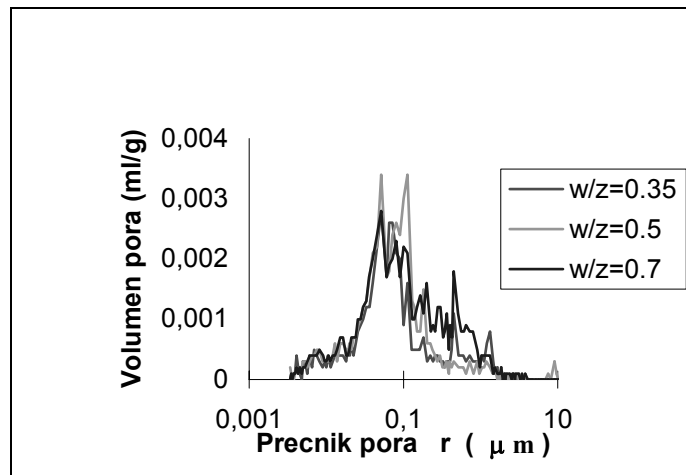
Ako se koriste gasovi (pl. vazduh, kiseonik, nitrogen, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) :

$$K_{\text{Gas}}(m/s) = 6.5 * 10^5 * k (m^2)$$

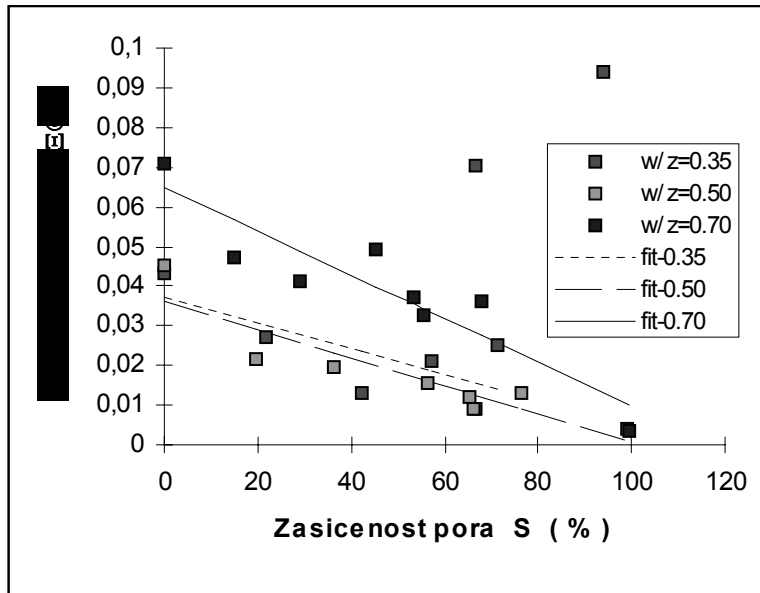
Tabela 1. Mogućnost preračunavanja koeficijenta propusnosti na koeficijent permeabiliteta



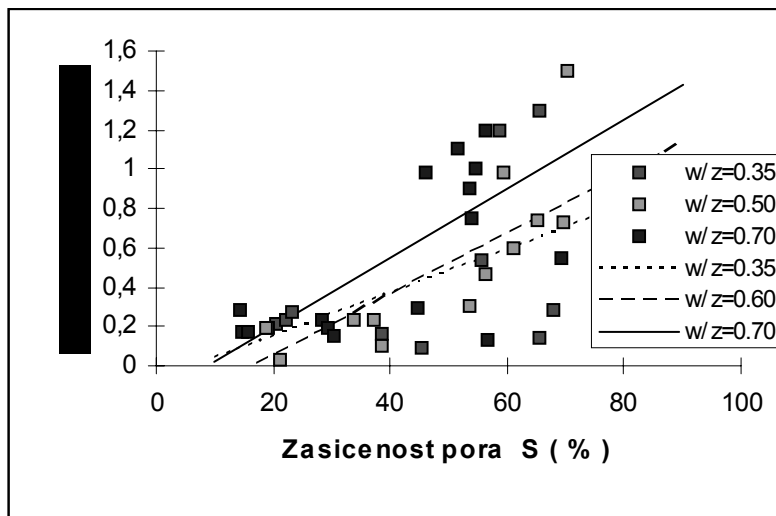
Slika 1. Gubitak mase u zavisnosti od vremena - dostizanje konstantne mase



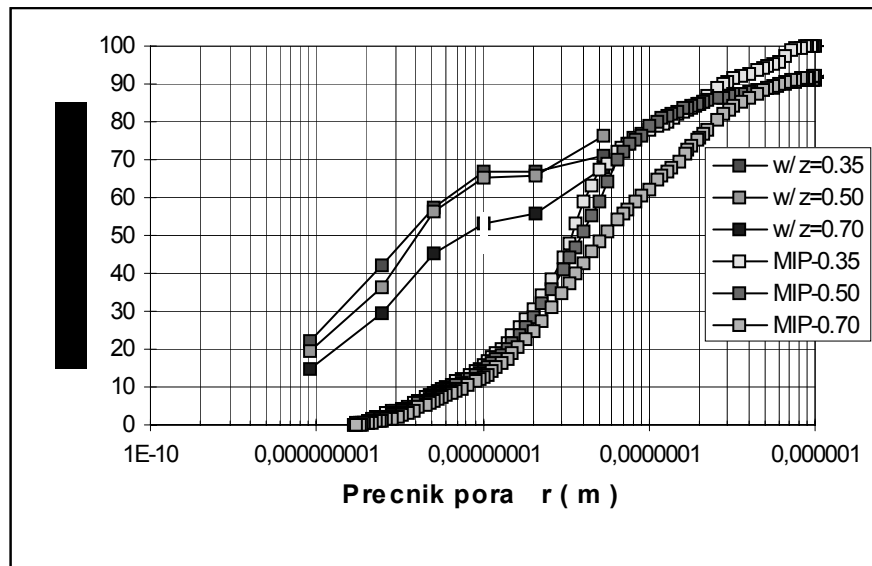
Slika 2. - Raspodela prečnika pora u betonu



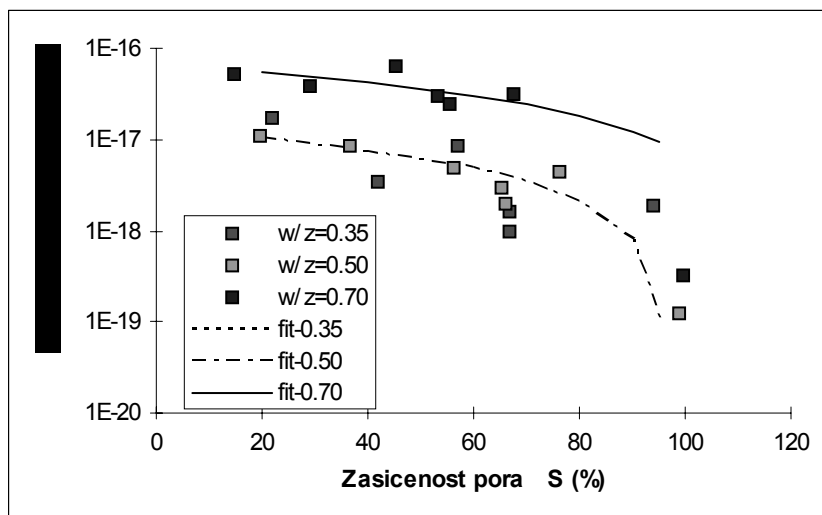
Slika 3. Prečnici pora prema teoriji Hagen-Poiseuille u zavisnosti od zasićenosti pora sa vodom



Slika 4. Prečnici pora prema teoriji Klinkenberg u zavisnosti od zasićenosti pora sa vodom



Slika 5. Kelvin prečnici pora u betonu i srednji prečnici pora određene sa MIP-Mercury Intrusion Porosimetry



Slika 7. Gasopropusnost u zavisnosti od zasićenosti pora sa vodom i vodocementnog-faktora

LITERATURA

- [1] F.H. Wittmann
Grundlagen eines Modells zur Beschreibung charakteristischer Eigenschaften des Betons
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton,Schriftenreihe,Heft 290,1977
- [2] D.A. Rose
Water movement in unsaturated porous materials
Materiaux et Construction,No.29,Dez.1965
- [3] H. Gräf und H. Grube
Verfahren zur Prüfung der Durchlässigkeit von Mörtel und Beton gegenüber Gasen und Wasser
Betontechnische Berichte,No.5/1986,S. 184-187
- [4] K. Schönlin
Permeabilität als Kennwert der Dauerhaftigkeit von Beton
Universität Karlsruhe,Doktorarbeit,1989
- [5] J.G. Cabrera and C.J. Lynsdale
A new gas permeameter for measuring the permeability of mortar and concrete
Mag.of Concr.Res,40,No.144,1988,S. 177-182
- [6] J.G. Cabrera,N. Gowripalan and P.J. Wainright
An assessment of concrete curing efficiency using gas permeability
Mag.of Concr.Res,41,No.149,1989,S. 193-198
- [7] A. Atkinson, P.A. Claisse and A.K. Nickerson
Transport of gases through concrete
CEC Contract F11W/0187/00, 1989
- [8] L.J. Klinkenberg
The permeability of porous media to liquids and gases
Production Practice,Tulsa,Oklahoma,1941,S. 200-213
- [9] J. Major
Wasserdurchlässigkeit des Betons in Abhängigkeit des Wassergehaltes
Magisterarbeit,FGZ-Zagreb,1989
(Original in der serbo-croatischen Sprache)
- [10] P.B. Bamforth
The relationship between permeability coefficients for concrete obtained using liquid and gas
Mag. Concr. Res. Vol 39. No 138, 1987, S 3-11
- [11] G.L. Hassler
Method and apparatus for permeability measurements
United States Patent Office, 2,345,935 ,1944
- [12] R.H. Brooks and A.T. Corey
Properties of porous media affecting fluid flow
Journal of the Irrigation and Drainage Division,Vol. 92,1966, S. 61-88
- [13] J.S. Osoba,J.G. Richardson,J.K. Kerver,J.A.Hafford and P.M. Blair
Laboratory measurements of relative permeability
Petroleum Transactions,Vol. 192,1951,S. 47-56
- [14] J.T. Morgan and D.T. Gordon
Influence of pore geometry on water-oil relative permeability
Journal of Petroleum Technology,1970,S. 1199-1208
- [15] X. Wittmann,H. Sadouki and F.H. Wittmann
Numerical evaluation of drying test data

Trans.10th Intern.Conf. on Struct,Behaviour in Reactor Technology (SMiRT), Vol. H,1989,S. 71-79

- [16] F.H. Wittmann
Feuchtigkeitstransport und Dauerhaftigkeit von Beton
WTA-Schriftenreihe, Heft 3,1992
- [17] Z.P. Bazant and L.J. Najjar
Drying of concrete as a nonlinear diffusion problem
Cement and Concrete Research,Vol.1,1971, S. 461-473
- [18] S.E. Pihlajavaara and J. Vaisanen
Numerical solution of diffusion equation with diffusivity concentration dependent
Publ.No. 87,State Institute for Technical Research,Helsinki,1965

PERMEABILITY AND DURABILITY OF CONCRETE

Summary: *Permeability of concrete has great influence on its durability. The paper investigates the fluid transport mechanisms (permeation, diffusion, capillary suction) through concrete by theoretical and experimental methods.Laboratory testings were performed on concrete specimens made of three compositions. The difference was in the quantity of water batching (w/c-ratio). The specimens were kept in water for the period of 60 days. Afterwards they were conditioned at various relative humidities till their mass become constant. The loss of water as a function of time and concrete mixture were determined.The gas permeability coefficient was calculated for infinite pressure. It was found that the degree of the water saturation of the concrete is the main influence on the gas permeability. The gas permeability of the specimens decrease with increasing water content. The radii of pores were calculated using the results of permeability measurements and they were compared to the results of experiments of pore size distribution. It may be concluded that few but large air voids can have significant influence on the permeability and on the durability of concrete.*

Key words: *permeability, durability of concrete.*

RUDAS BATH RECONSTRUCTION

János Major¹

UDK: 725.73:551.23

Summary: *The archaeological excavations and the exploration of the walls started in Rudas bath on May13,2004 in connection with the reconstruction and development of the building.*

Key words: *thermal bath reconstruction, thermal spring.*

1. Archaeological excavation

Sokollu Mustafa the Pasha of Buda had built the bath between 1566 and 1572. Since then the bath has been continuously in use, the building complex was expanded several times to meet demands. At the end of 19th century, the Rudas bath was enlarged in subsequent phases. It was extended to the south (*Fig. 1* rooms 6,7,9: a new tub-bath wing, a public bath, and a swimming-pool) and a bath complex was established in the north with the reconstruction of the building raised over the ruins of the vestibule.

The actual reconstruction encompassed the steambath (*Fig.1*). Adrienn Papp (BHM) conducted the excavation, Judit G. Lászay (ÁM-RK) directed the exploration of the walls, Borbála Maráz (BHM) helped in the excavation of the Celtic fragments and Gizella Túri-Makoldi was the painter-restorer.

The excavation extended to the areas that were demolished during the reconstruction. The depth was adjusted to technical demands, which were determined by the structural reconstruction. The plans necessitated a large-scale earth removal (*Fig 2*). Water which brought into being the bath itself at the same time, meant a challenge to contemporary architects, and for the constructors, became threatening on the entire territory of the bath. After the refurbishment the rooms became completely dry, being isolated by a 70-80 cm thick lime mortar under the entire surface (*Fig.1- 6,7*).

2. Reconstruction parameters

The actual reconstruction encompassed in first phase the building site cca. 1200 m² from the bath area. The most part of technical renewal work took place in the domed hall.

Originally, a maintenance channel large enough for a man to scrawl in was planned to be built around the large basin in the domed hall (*Fig. 1 -18*). But the foundations

¹ Prof. János Major CE, MSc, PhD, Szent István University Ybl Miklós Technical Faculty, Budapest, Thököly 74. e-mail: major.janos@ymmfk.szie.hu

of columns of the footing were built from rocks without binder and the question was how to maintain the instability of the bell. The technical solution was to leave the large channel untouched.

Next problem was that more than 300 wooden posts stood on the bottom of the basin. Two of them were lifted: they were 1,4 m long. The stones of the stairs were placed on top of the posts too.

Second problem were the thermal springs. In the implementation plans did not deal with thermal springs. The technician got a solution to the problem: a laid drainage pipe (with diameter 100 mm) to collect the thermal waters (Fig. 4).

Third technical question was how to protect the building against the flood. In the 19th century engineers constructed the brick wall with arch, whereon the ground-water could flow in both direction. In the 21st century a reinforced concrete wall was constructed against the flood (Fig. 5).

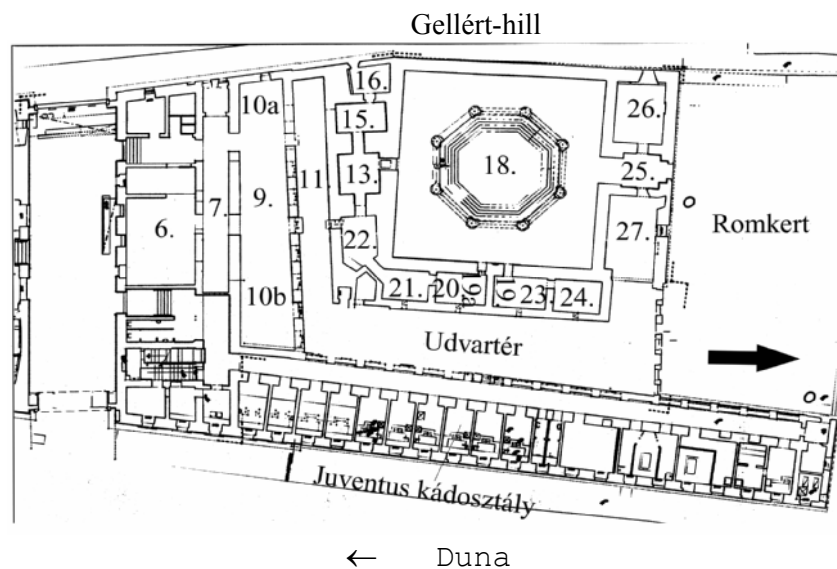


Fig. 1- Ground plan with numbers of the rooms (after Ákos Kaszab designer's survey sketch)

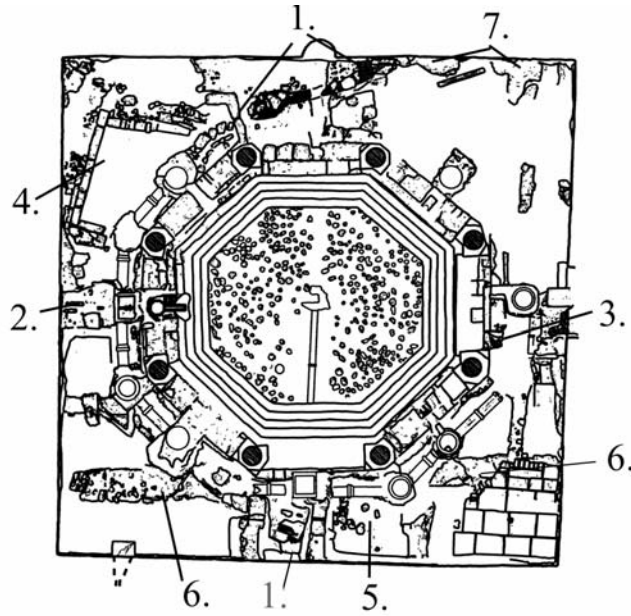


Fig. 2 – Photogrammetric survey of the archaeological phenomena found in the domed hall

- 1. Turkish drain, 2. Turkish inlet pipe, 3. Turkish overflow, 4. Medieval spring capture, 5. Medieval water source, 6. Medieval wall, 7. Projecting rocks of the Gellért-hill*



Fig. 3. – Turkish drain made of stone slabs



Fig. 4 - Drainage pipe made for thermal spring water



Fig. 5 - Reinforced concrete wall against the flood



Fig. 6 - The domed hall after renewal work



Fig. 7 - The domed hall with water spout



Fig. 8 - Small basin, Turkish water-pipe system in the wall

LITERATURE

- [1] J. Lászay, A. Papp
Archeological excavation and wall exploration in Rudas bath
Régészeti kutatások Magyarországon, 2004
- [2] J. Varga
Rudas bath reconstruction experience, Technical report, Szent István University Ybl
Miklós Faculty, 2005

REKONSTRUKCIJA RUDAS PARNOG KUPATILA

Rezime: Izvođački radovi su počeli 13.05.2004. zajedno sa arheoloskim istraživačkim radovima paralelno.

Ključne reči: Rekonstrukcija parnog kupatila, izvori termalne vode. .

NOVI OBLIK KALKULATORA ZA GRAĐEVINCE 'Calculatotor Cn05'

Vojislav Mihailović¹
Aleksandar Landović²
Dragoljub Lajić³

UDK: 004.42CALCULATOR Cn05

Rezime: Rad sadrži sažet prikaz novog oblika kalkulatora-programске aplikacije koji je namenjen prvenstveno za građevince (inženjere, tehničare, poslovođe i dr.) sa namerom da u njemu budu ispunjene samo potrebe za najčešće korišćenim funkcijama u svakodnevnom radu. Za razliku od postojećih kalkulatora on pruža mogućnost neprekidne kontrole unetih podataka, rezultata i kontrole dve memorije. Izvršena je doslednija klasifikacija funkcija po grupama i dodate neke nove funkcije koje se često koriste u matematici. Omogućena je vrlo jednostavna primena funkcija dva argumenta, koje su u praksi najviše zastupljene. Rezultati se mogu dobiti lako, brzo, tačno i bez bilo kakve konfuzije.

Ključne reči: kalkulator, aplikativni program, automatizacija proračuna, operacije proračuna, stringovi.

1. UVOD

Ovaj novi kalkulator je nastavak rada na prethodno urađenim aplikativnim programima iz oblasti Betonskih konstrukcija pod nazivom *Construct A05* i *Construct B05*, kao njihova dopuna za moguće propratne jednostavnije računске operacije koje nisu njima obuhvaćene. Cilj je da se izbegne zapisivanje nekih operacija radi kontrole, koje želimo da obavimo i po potrebi sačuvamo u glavnom izveštaju koji obično radimo u *Word*-u.

Danas postoji mnogo različitih priručnih kalkulatora, ali znatno manje su zastupljeni kalkulatori-programске aplikacije u računarima. Jedan od najpoznatijih programskih kalkulatora se dobija zajedno sa operativnim sistemom Microsoft®Windows®. On je u inženjerskoj praksi najviše zastupljen. Glavna forma ovog kalkulatora prikazana je na Slici 1. U prvom redu njime se obavljaju jednostavnije računске operacije koje su korisnicima računara dobro poznate. Pri korišćenju ovog kalkulatora postoji problem kontrole unetih podataka i dobijenih rezultata [1].

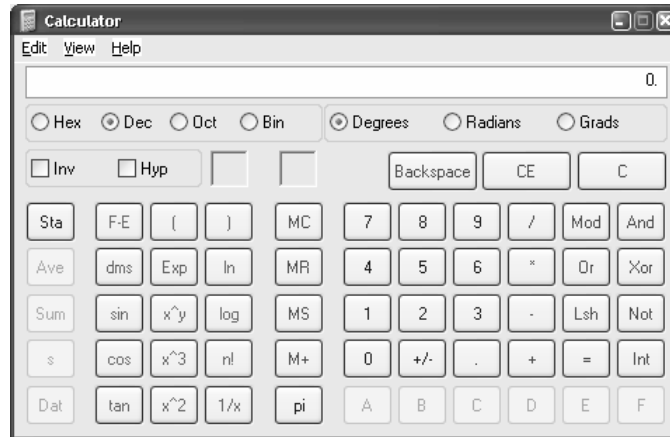
Istraživači Univerziteta "Swansea" u Velikoj Britaniji sa grupom korisnika su testirali koliki je stepen pojave grešaka u radu sa priručnim kalkulatorima. Utvrdili su da čak u 51% slučajeva dolazi do pogrešnog upisivanja rezultata. Ovo zapažanje se odnosi i na najjednostavnije matematičke operacije, jer dolazi do pogrešnog unošenja brojeva ili

¹ Prof. dr V. Mihailović, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel. 024/554-300, e-mail: voja@gf.su.ac.yu

² A. Landović, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel. 024/554-300, e-mail: landovic@gf.su.ac.yu

³ D. Lajić, diplomac, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel. 024/554-300, e-mail: lajic@gf.su.ac.yu

grešaka izbora funkcija. U cilju prevazilaženja ovog problema predložili su novi ekran za priručne kalkulatore ('Pametni kalkulatori', *Политика*, 10 jul 2005. g.). Korisnici našeg kalkulatora mogu biti inženjeri, arhitekta, tehničari, poslovođe i drugi učesnici poslova u računskoj obradi problema građevinskih objekata. Međutim, kalkulator se može pokazati vrlo uspešnim i za druge tehničke struke. Prema tome, kalkulator ispunjava osnovne potrebe proračuna tehničkih problema u praksi.



Slika 1. Glavna forma MS Calculator-a [2].

Jedan pokušaj novog rešenja programskog kalkulatora se daje na Slici 2. Može se uočiti da je osnovna razlika između kalkulatora na slici 1 i slici 2 u tome što su različito rešeni njihovi ekrani. Nadamo se da novo rešenje znatno smanjuje mogućnost pojave grešaka zato što je omogućena neprekidna kontrola unosa brojeva, kontrola operacija, znakova i vrednosti funkcija. Brojevi se upisuju kao što se to radi na hartiji. Kada je unet izraz on se može po želji menjati i dopunjavati. Vrednosti funkcija se mogu uneti u izraz koristeći funkcijsku memoriju i po potrebi menjati. Rezultat prethodnog izraza se može sačuvati u operacijskoj memoriji i, takođe, po želji na različite načine kombinovati sa unosom brojeva.

2. OPIS PROGRAMSKOG KALKULATORA

Rešenja novog programa najlakše se može opsati upoređivanjem formi prikazanih na slici 1 i slici 2. Ekran za unošenje podataka MS Kalkulatora sadrži samo jedno polje za unos podataka i prikaz rezultata. Novo rešenje na slici 2 sadrži ekran koji se sastoji iz tri dela koja imaju ukupno šest polja za unos podataka ili prikaz rezultata. U novom rešenju posebno se prikazuju funkcije jednog i funkcije dva argumenta. Grupe funkcija i njihovi nazivi u strožijoj su saglasnosti sa oznakama i sa klasifikacijama u matematici nego što je to u prvom rešenju.

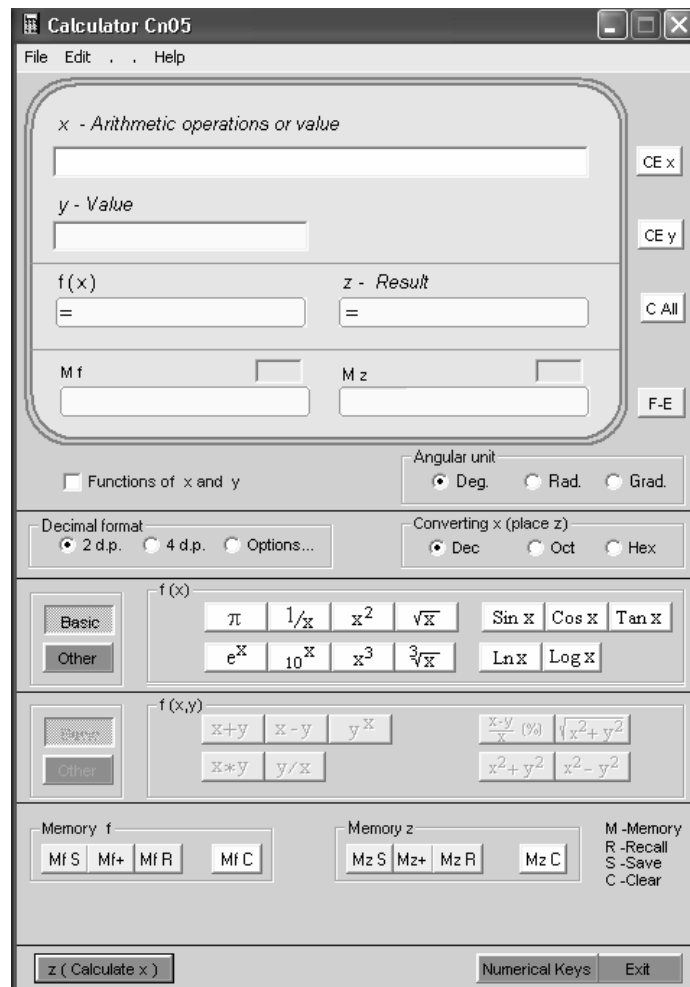
Ekran se sastoji iz sledeća tri dela:

1. Deo za unos podataka koji sadrži dva polja;
2. Deo za prikaz rezultata sa dva polja;
3. Memorijski deo sa dva polja.

U prvom polju dela za unos pdataka mogu se uneti brojevi u obliku aritmetičkog izraza onako kako se ispisuju na hartiji. Alternativno ovo polje ima ulogu (x) argumenta za proračun vrednosti funkcija. Drugo polje sa oznakom (y) služi za unošenje vrednosti drugog argumenta pri proračunu vrednosti funkcija dva argumenta. U tom slučaju 'Checkbox' ispod ekrana treba da bude potvrđen.

U delu za prikaz rezultata postoje dva polja. Prvo polje služi za prikaz rezultata proračuna funkcija $f(x)$ ili $f(x,y)$. Drugo polje daje rezultat izraza prikaznog u polju (x).

U memorijskom delu postoje i dva polja za memorije. Prvo polje je namenjeno za memorisanje vrednosti funkcije $f(x)$, odnosno $f(x,y)$ ili njene višestruko uvećane vrednosti. Broj unošenja ove vrednosti vidi se u malom kvadratnom polju iznad desnog dela samog polja. U drugom polju se slično može uraditi sa rezultatom iz polja (z). Sadržaj memorije stalno je vidljiv u polju Mf (za funkciju f) i u polju Mz (za rezultat z).



Slika 2. Glavna forma Kalkulatora Cn05

Izabrane jedinice za uglove se biraju u okviru 'Angular unit'. Broj decimala u rezultatima se bira u okviru 'Decimal format'. Uneti broj u polju (x) se može konvertovati u oktalne ili heksadecimalne brojeve na mestu polja (z) birajući odgovarajuću opciju u okviru 'Converting x (in place z)'. Funkcije jednog argumenta x date su u okviru $f(x)$ na slici 2.

Funkcije dva argumenta x i y su date u okviru $f(x,y)$, ako je potvrđen 'Checkbox' ispod ekrana. Posebno treba istaći mogućnost direktnog proračuna procenta razlike dva broja u odnosu na jedan od njih što je često zastupljeno u praksi. Funkcija koje daju vrednosti prema Pitagorinoj teoremi treba da bude od značaja za matematičke probleme. HP Kalkulator sadrži rešenje primene unosa dva podatka, a zatim izbor operacije među njima pomoću sistema registara, što je u izvesnoj meri uticalo na nova rešenja u ovom radu [1].

Programska aplikacija *Calculator Cn05* zasnovana je na funkcijama numeričkog procesora Visual Basic i razvijenog sistema za prepoznavanje stringova, odnosno unetih brojeva, znakova, operacija i vrednosti unetih funkcija i položaja mesta na kojima se oni nalaze u polju (x) za aritmetičke operacije.

Novi oblik ekrana treba znatno da olakša matematičko rešavanje jednostavnijih izraza i obrađenih funkcija. Kalkulator treba značajno da smanji broj računskih grešaka koje korisnici učine koristeći obične kalkulatore. Korisnici kalkulatora često su zbunjeni time koju operaciju ili naredbu treba uključiti, ili nisu sigurni u položaj nekih unetih podataka. Umesto pamćenja prvog unetog podatka, a zatim unošenja drugog ovde korisnici imaju mogućnost da neprekidno vide unete vrednosti, kao i dobijene rezultate. Izbor funkcija obavlja se na potpuno isti način i sa istim oznakama kao u matematici .

3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE PROGRAMA

Programska aplikacija *Calculator Cn05* se isporučuje na CD u kome zauzima samo 14 MB. Program se može direktno preuzeti sa websajta Građevinskog fakulteta u Subotici: www.gf.su.ac.yu u delu Softwer>ConstructApp>Download.

Korišćenje programskog kalkulatora je besplatno u vremenu od 30 dana. Program se nalazi u istoimenom folderu kao instalacioni program. Instalisanje programa na računaru se obavlja pokretanjem Install procedure.

4. INFORMACIJE I POMOĆ

Informacije i osnovna pomoć se daju u okviru Help-a u meniju kalkulatora. Help ima sadržaj i indeksni deo sa pojmovima. Klikom na željene teme dobija se koncizna pomoć u obliku opisa ili urađenih primera, koji znatno olakšavaju rad. Preporučuje se, zbog obuke korisnika, da se uradi kontrola obrađenih primera u Help-u.

Obuka za rad sa programom *Calculator Cn05* zahteva vreme najviše do jednog sata.

5. ZAKLJUČCI

Novi oblik programske aplikacije kalkulatora pruža mogućnost neprekidne kontrole unetih podataka, željenih operacija i funkcija jednog i dva argumenta.

Rešenje za kalkulator-programске aplikacije može se proširiti i na priručne kalkulatore (Pocket calculator). Za česte računске obrade problema u praksi koji su jednostavniji

može predstavljati uspesno resenje. Za složene zadatke obrade konstrukcija, smatramo da treba primeniti složenije aplikacije koje rešavaju pojedinačne probleme konstrukcija kao što su to, na primer, programi *Construct A04* (za preseke) i *Construct B05* (za elemente).

LITERATURA

- [1] HP2. *Owner's Handbook*, Singapore, 1975.
- [2] MS Calculator, *Help*, Version 5.1.2000.
- [3] Casio Calculator fx-300W, *Operating Manual*, 2005.
- [4] M. McKelvy, R. Martinsen, J. Webb: *Vodič kroz Visual Basic*, QUE-CET, 1997.
- [5] Stephens R., *Visual basic – programiranje grafike*, Wiley – Kompjuter biblioteka, 1997.
- [6] Trifković S., *Visual Basic*, Institut Vinča, 1995.
- [7] V. Mihailović, A. Landović: *Construct 04*, Zb. radova GF, Subotica, 2004.
- [8] V. Mihailović, A. Landović: *Uputstvo za grupu programa Construct A04*, Građevinski fakultet u Subotici, 2004.

NEW APPLICABLE SOFTWARE FOR 'Calcalototor Cn05'

Summary: *The topic of this article is description of applicable program for new kind of calculator which is designed precedently for needs of builder end engineers of structures. Calculator Cn05 can be used for any basic arithmetic operation and to calculate the function values. Functions are of one or two arguments. Using two memories you can perform arithmetic operations with ordinary numbers or with function values.*

Given solutions allows observing simultaneously data entry, results and values in the computer memories. In arithmetic operations tasks it is possible to easy combine that values as we like, to check works and to make exchanges in all cases.

Results can obtain easy, fast and explicitly without of any confusion

Key words: *Calculator, program application, automation of calculation, operator, string.*

PRIMENA REOLOŠKO-DINAMIČKE ANALOGIJE U METODI KONAČNIH ELEMENATA

Dragan D. Milašinović¹,
Aleksandar Landović²

UDK: 624.131.5:519.673

Rezime: U radu se mehaničke osobine materijala od kojih zavisi vremenski neelastično deformisanje materijala sračunavaju reološko-dinamičkom analogijom. Ovako sračunati parametri se koriste kao ulazni podaci po metodi konačnih elemenata. Analiziran je odziv čelične epruvete koji je detaljno obrađivan reološko-dinamičkom teorijom [4] i eksperimentalno.

Ključne reči: Reološko-dinamička analogija; Metod konačnih elemenata

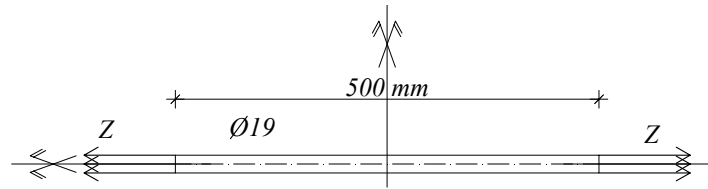
1. UVOD

U radu pod istim ovim naslovom [5] na konferenciji "Savremeni problemi u građevinarstvu" iz 2005. godine autori su izneli osnovne razloge primene reološko-dinamičke analogije u tretiranju visko-plastičnih problema po metodi konačnih elemenata. Tada je u posmatranom zadatku, za osam izohronih parametara (H' i λ) kao konstati materijala, korištena procedura iz [1] pretpostavljajući da je ukupno ultimno opterećenje podeljeno na trinaest inkremenata. Dobijeni rezultati su pokazali očekivanu disperziju rezultata, potvrđujući da oni isključivo zavise od konstanti materijala usvojenih za neki od osam analiziranih slučajeva.

U ovom radu je prikazana numerička analiza visko-elasto-plastičnog ponašanja čelične epruvete, prikazane na slici 1, izložene sili zatezanja koja se postepeno povećava sve do potpune plastifikacije poprečnog preseka. Da bi se izbegla opisana disperzija rezultata ovde je program nezavisno korišten trinaest puta, svaki put sa početnim konstantnim parametrima materijala iz prethodnog koraka. Konačni rezultati su prikazani kao suma trinaest računskih prolaza. Kao početni parametri za prvi prolaz usvojeni su parametri idealne plastičnosti koja je u narednim prolazima prevedena u visko-plastičnost sa znatnim ograničenjem ukupne deformacije kao posledica unutrašnjeg viskozno prigušenja. Korišćen je program *Visko* čiji je opis dat u literaturi [1] baziran na metodi konačnih elemenata (MKE). Prikazani su i analizirani rezultati dobijeni za *Von Mises*-ov uslov tečenja uz variranje početnog nagiba na plastičnu deformaciju – faktor ojačanja materijala H' , odnosno faktora fluidnosti γ_R i *Poisson*-ovog koeficijenta μ prema [4].

¹ Prof. dr Dragan D. Milašinović, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: ddmil@gf.su.ac.yu

² Aleksandar Landović, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: landovic@gf.su.ac.yu



Modul elastičnosti
Dimenzije uzorka

$E=210\text{GPa}$
 $l=500\text{mm}$
 $\text{Ø}19\text{mm}$

Napon na granici proporcionalnosti
Napon elastičnosti
Koeficijent tečenja

$\sigma_p=140.00\text{MPa}$
 $\sigma_e=187.00\text{MPa}$
 $\varphi^*=2.0$

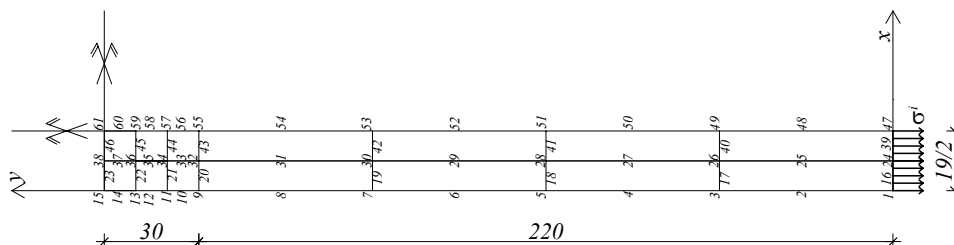
Slika 1. Čelični uzorak sa opterećenjem i karakteristike materijala

2. NUMERIČKO REŠENJE

Numerička analiza problema izvršena je primenom računarskog programa zasnovanog na metodi konačnih elemenata, čiji je detaljan opis dat u literaturi [1]. Program je namenjen rešavanju dvodimenzionalnih visko – plastičnih problema koji su podeljeni u tri osnovne grupe: ravno stanje napona, ravno stanje deformacije i stanje rotacione simetrije (za opterećenje). Za rešavanje zadatog problema izvršena je numerička analiza za ravno stanje napona.

2.1 MREŽA ELEMENATA ZA NUMERIČKU ANALIZU

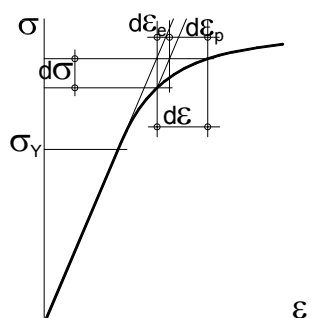
Pri proračunu čelične epruvete za slučaj ravnog stanja napona usvojena je mreža od četrnaest izoparametarskih četvorougaoih serendipiti elemenata sa po osam čvorova. Kod proračuna matrice krutosti i vektora čvornih sila javljaju se podintegralne funkcije čija se integracija vrši primenom *Gauss*-ovog postupka sa dve tačke. Naponi se dobijaju upravo u ovim, a ne u čvornim tačkama. Budući da postoji simetrija preseka oko x i y ose razmatrana je samo jedna četvrtina uzdužnog preseka epruvete, a kontinuitet je obezbeđen tako što su čvorovima koji leže na osama simetrije sprečena pomeranja. Čvorovima koji leže na vertikalnoj osi simetrije sprečena su pomeranja u pravcu obe ose, dok je čvorovima koji leže na horizontalnoj osi simetrije sprečeno samo vertikalno pomeranje. Na ovaj način posmatrani uzorak se može tretirati kao nepomerljiv u pravcu y – ose. U zoni, širine od 30 mm, od vertikalne ose simetrije izvršeno je proglašavanje mreže konačnih elemenata, tj. u zoni u kojoj se očekuje plastifikacija preseka.



Slika 2. Mreža konačnih elemenata

2.2 REOLOŠKO-DINAMIČKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA

U posmatranom zadatku primenjen je inkrementalni način nanošenja površinskog opterećenja u jednom koraku po inkreментu. Spoljašnje opterećenje σ i jednoosijalni napon tečenja σ_Y , su dati tabelarno za određena izohrono stanje napona, predstavlja približno 60% napona kidanja. Maksimalni broj iteracija po inkreментu je ograničen na 50. Vremenski tok deformacija je uveden u proračun uvođenjem početne dužine vremenskog koraka uz primenu eksplicitne šeme koračanja ($\theta = 0$).



Slika 3. Šematski prikaz parametra ojačanja materijala H'

Na slici 3. je prikazan dijagram napona i deformacija elasto-plastičnog materijala pri jednoosijalnom stanju napona. Početno ponašanje materijala je elastično opisano modulom elastičnosti E . Tečenje materijala započinje nakon dostizanja jednoosijalnog napona tečenja σ_Y . Ponašanje materijala je elasto-plastično, gde se lokalna tangenta na krivu menja i određuje *elasto-plastični tangentni modul* E_T . Efekat ojačanja materijala može se opisati sledećim izrazom:

$$H'(\bar{\varepsilon}_p) \frac{d\sigma}{d\varepsilon_p} = \frac{E_T}{1 - E_T/E} \quad (1)$$

Reološko-dinamičkom analogijom [4] je pokazano kako se za zadati materijal mogu odrediti: vreme kašnjenja visko-elasto-plastične deformacije T_k^D i visko-elastični strukturalni koeficijent tečenja φ^* , u početnom viskoelastičnom stanju opterećene konstrukcije. Takođe se primenom formula

$$H^{(i)} = \frac{E_H}{i \cdot \varphi^*} \quad (2)$$

$$\lambda_R^{(i)} = \frac{E_H \cdot T_k^D \cdot i \cdot \varphi^*}{(1 + i \cdot \varphi^*)^2} \quad (3)$$

$$\gamma_R^{(i)} = \frac{1}{\lambda_R^{(i)}} \quad (4)$$

$$\sigma^{(i)} = \sigma_p \frac{(1 + i \cdot \varphi^*) + \frac{\sigma_E}{\sigma_p} (1 + \varphi^*) [i(1 + i \cdot \varphi^*) - 1]}{i \cdot \varphi^* (1 + i \cdot \varphi^*)} \quad (5)$$

$$\mu^{(i)} = \left[1 - \frac{1}{\sqrt[4]{2 \cdot 0.001 \left(\frac{\varphi^* + i \cdot \varphi^*}{1 + \varphi^* + i \cdot \varphi^*} \right) + 1}} \right] \frac{1}{0.001} \quad (6)$$

dolazi do pojedinih parametara ojačanja, fluidnosti, *Poisson*-ovog koficijenta i napona za i -to izohrono stanje napona i deformacija. Odgovarajući iterativni postupak za izabrano stanje je takođe definisan u [4].

3. REZULTATI PRORAČUNA

Kao što je već ranije napomenuto analizirani su rezultati dobijeni za *Von Mises*-ov uslov tečenja uz variranje početnog nagiba na plastičnu deformaciju – faktor ojačanja materijala H' , odnosno faktora fluidnosti γ_R , *Poisson*-ovog koficijenta μ i stanja napona σ . Za svaki novi napon visko-plastičnog tečenja $\sigma_Y^{(i)}$ usvajani su visko-plastični parametri iz prethodnog koraka ($i-1$).

$$\sigma = \sigma_p = 142.00 MPa$$

$$H' \rightarrow \infty$$

$$T_k^D = 0.0000976 s \quad \text{faktor za opis vremenskih procesa}$$

$$\varphi^* = 2 \quad \text{visko-elastični strukturalni koeficijent tečenja}$$

$$E_H = 2.1 \cdot 10^5 MPa \quad \text{Yung-ov modul elastičnosti}$$

Prvi korak ($i = 1$):

$$\sigma^{(1)} = 142 \frac{(1+1 \cdot 2) + \frac{187.00}{142.00} (1+2) [1(1+1 \cdot 2) - 1]}{1 \cdot 2(1+1 \cdot 2)} = 258.00 MPa$$

$$H^{(1)} = \frac{E_k}{i \cdot \varphi^*} = \frac{210000}{2} = 1.05 \cdot 10^5 MPa$$

Koeficijent viskoznosti se računa prema izrazu (3)

$$\lambda_R^{(1)} = \frac{2.1 \cdot 10^5 \cdot 0.0000967 \cdot 2 \cdot 2}{(1+1 \cdot 2)^2} = 4.5547 MPa s$$

faktor fluidnosti je:

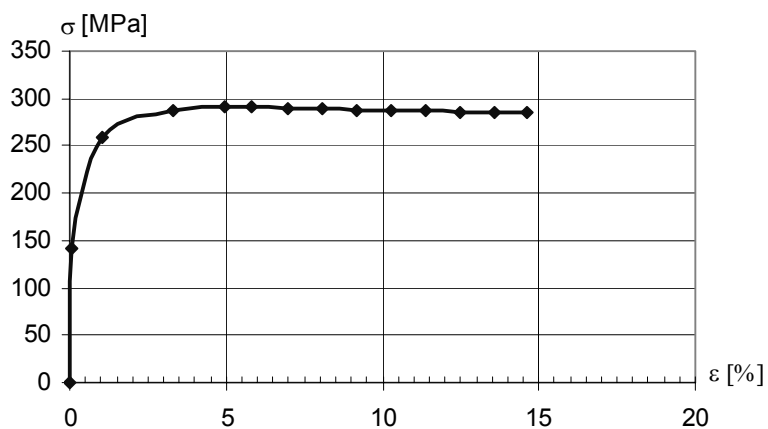
$$\gamma_R^{(1)} = \frac{1}{\lambda_R} = \frac{1}{4.5547} = 0.2195 \frac{1}{MPa s}$$

Poisson-ov koeficijent dobijen iz izraza (6)

$$\mu^{(1)} = \left[1 - \frac{1}{\sqrt[4]{2 \cdot 0.001 \left(\frac{2+1 \cdot 2}{1+2+1 \cdot 2} \right) + 1}} \right] \frac{1}{0.001} = 0.3996$$

Tabela sa prikazom vrednosti parametara koji se variraju.

i	H' [MPa]	λ [MPa s]	γ_r [1/MPa s]	μ	σ^i [MPa]
1	10500.00	4.5547	0.2196	0.3996	258.00
2	5250.00	3.2794	0.3049	0.4281	287.95
3	3500.00	2.5097	0.3985	0.4440	290.81
4	2625.00	2.0243	0.4940	0.4540	290.46
5	2100.00	1.6939	0.5904	0.4610	289.60
6	1750.00	1.4553	0.6871	0.4661	288.74
7	1500.00	1.2753	0.7841	0.4700	287.97
8	1312.50	1.1347	0.8813	0.4731	287.31
9	1166.67	1.0220	0.9785	0.4756	286.75
10	1050.00	0.9295	1.0758	0.4777	286.26
11	954.55	0.8524	1.1732	0.4794	285.85
12	875.00	0.7870	1.2706	0.4809	285.48
13	807.69	0.7310	1.3680	0.4822	285.16



Slika 4. Prikaz rezultata proračuna

Veza između napona σ i dilatacije $\varepsilon = \Delta l / l$ prikazana je na dijagramu za slučaj variranja faktora ojačanja, odnosno fluidnosti.

Dilatacije ε sa dijagramu su dobijene na osnovu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta y}{l} \quad (5)$$

gde su Δy - vrednosti pomeranja, u pravcu y - ose (očitanje iz listinga programa za tačku I , i za krajnji inkrement opterećenja) i l - dužina unetog elementa ($l = 250 \text{ mm}$).

4. ZAKLJUČAK

Uobičajena analiza prikazanog problema zasniva se na pretpostavci da se u preseccima posmatrane čelične epruvete javlja ravno stanje napona, te se usvaja mreža konačnih elemenata u ravni uzdužnog preseka (slika 2.), sa zatom prosečnom debljinom elementa. Ceo proračun prema korišćenom računskom programu se sprovodi u dekartovim pravouglim koordinatama, što zahteva proračunavanje koordinata čvornih tačaka. U isto vreme, da bi se postigla zadovoljavajuća tačnost, potrebno je usvojiti relativno gustu mrežu, sa znatnim brojem elemenata, što povećava utrošak vremena potrebnog za analizu.

Osnovna ideja ovog rada je koristiti reološko-dinamičke parametre materijala H' i γ u postojećem softveru za metodu konačnih elemenata. Analiza dijagrama prikazanih u poglavlju 3 nedvosmisleno pokazuje da se dobijeni rezultati izuzetno dobro poklapaju sa teorijskim u području plastičnosti bez ojačanja.

U ovakvim problemima poželjno je iskoristiti simetriju, naravno uz obezbeđivanje odgovarajućih graničnih uslova. Sem toga, ova analiza pokazuje od kolike je važnosti temeljno sagledati problem i pravilno izvršiti izbor mreže pre nego što se pristupi upotrebi bilo kojeg računarskog programa za numeričko rešavanje.

5. LITERATURA

- [1] Hinton E., Owen D.R.J., *Finite elements in plasticity*, Pineridge Press Limited, Swansea, U.K. 1980.
- [2] Milašinović D.D., *Metod konačnih traka*, Student, Novi Sad, 1994.
- [3] Sekulović M., *Metod konačnih elemenata*, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
- [4] Milašinović D.D., *Rheological-dynamical analogy: visco-elasto-plastic behavior of metallic bars*, International Journal of Solids and Structures 41 (2004) 4599-4634.
- [5] Milašinović D.D., Landović A. *Primena reološko-dinamičke analogije u metodi konačnih elemenata*, Zbornik radova Građevinskog fakulteta 14 – Savremeni problemi u građevinarstvu, Građevinski fakultet, Subotica, 2005.

RHEOLOGICAL-DYNAMICAL ANALYSIS OF STEEL BAR USING BY FINITE ELEMENT METHOD

Summary: *The paper deals with the rheological-dynamical analogy in which the strain hardening parameter H' and fluidity coefficient γ are defined in an iterative procedure, [4]. The finite element method is used for the steel bar analysis using by rheological-dynamical parameters. The bar has already been analyzed by experimental technique.*

Key words: *Rheological-dynamical analogy; The finite element method*

PRORAČUN OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA PUTEM ZALEPLJENIH KARBONSKIH TRAKA

Mihailo Muravljev¹
Dejan Bajić²

UDK:624.012.45/46:69.059.32

Rezime: U radu se razmatra problematika ojačanja betonskih konstrukcija postupkom lepljenja dodatnih nosećih elemenata u vidu karbonskih traka-lamela. Nakon uvodnog dela, prvo se razmatraju osnove proračuna koje se odnose na armiranobetonske elemente, pri čemu se obrađuje kako egzaktan proračunski postupak zasnovan na metodi graničnog stanja loma, tako i uprošćena metoda koja je primenljiva u najvećem broju praktičnih slučajeva. Deo rada koji se odnosi na postupak proračuna ojačanja prednapregnutih konstrukcija u principu zasniva se na još uvek važećoj metodi dozvoljenih napona, pri čemu se samo dimenzionisanje potrebnog ojačanja zasniva na graničnom stanju nosivosti traka-lamela.

Ključne reči: Karbonska traka, traka-tkanina, traka-laminat, epoksidni lepak

1. UVOD

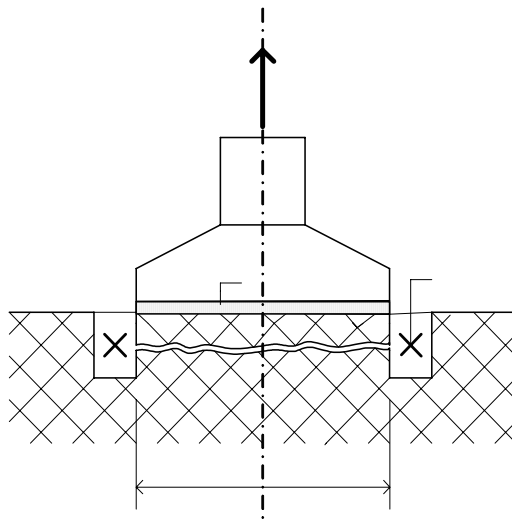
Lepljenje karbonskih traka-lamela (*traka-tkanina* i *traka-laminata*) za konstrukcijske elemente od betona koji se ojačavaju, izvodi se primenom odgovarajućih epoksidnih lepkova. Ti lepkovi predstavljaju proizvode koje, po pravilu, zajedno sa trakama, isporučuje proizvođač određenih traka. To podrazumeva da se, u principu, uvek mora koristiti lepak kompatibilan sa određenom trakom, a što se skoro redovno definiše i uslovljava od strane proizvođača trake.

Lepljenje traka za betonske površine podrazumeva prethodnu pripremu tih površina; one moraju da budu ravne ili blago talasaste - orapavljene peskarenjem ili brušenjem. Površinska vlažnost betona pri lepljenju karbonskih traka može da iznosi najviše 4%, pri čemu se radovi na lepljenju smeju izvoditi samo na temperaturama ne manjim od 10°C (oba navedena uslova vezana su za epoksidni lepak koji se koristi pri ovakvim radovima).

¹ Prof. dr Mihailo Muravljev, dipl.inž.građ., Građevinski fakultet, Beograd

² Prof. dr Dejan Bajić, dipl.inž.građ., Građevinski fakultet, Beograd

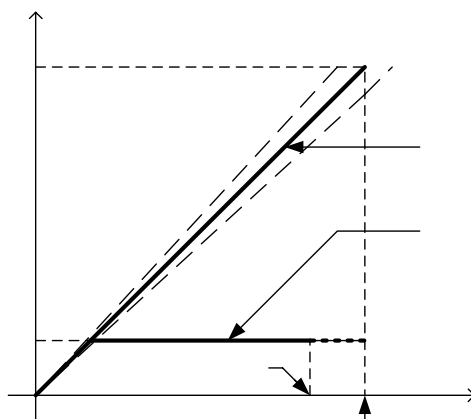
Pored navedenog, pri primeni karbonskih traka postoji i uslov da se one mogu lepiti samo za betonske elemente dovoljno visokih mehaničkih karakteristika, što znači da se apliciranje traka može izvoditi samo na betonskim podlogama koje pokazuju zadovoljavajući stepen athezije (prianjanja) između betona i lepka.



Slika 1. Ispitivanje athezije beton-lepak metodom "otkidanja" zalepljenog "pečata"

Podobnost betonskih površina za lepljenje karbonskih traka utvrđuje se metodom "otkidanja" metalnih "pečata" zalepljenih za beton konkretne konstrukcije. To ispitivanje se sprovodi tako što se "pečati" - kruti elementi od čelika - pomoću lepka koji je predviđen za lepljenje traka, lepe za površinu betona prethodno pripremljenu na isti način na koji će se to činiti pri lepljenju traka za konstrukciju. Oko zalepljenog "pečata" zatim se izvodi zasek koji zalazi i u dubinu betona, tako da pri izlaganju "pečata" sili zatezanja, a pod pretpostavkom regularne situacije, dolazi do "otkidanja" "pečata" preko betona (sl. 1). Na bazi vrednosti sile Z_{gr} pri kojoj je došlo do otkaza "pečata" i poznate površine "pečata", izračunava se stepen ostvarene athezije između betona i lepka f_{at} , a što u konkretnom slučaju u izvesnom smislu definiše i čvrstoću betona pri zatezanju. U vezi sa rezultatima ovakvih ispitivanja postoje sledeći uslovi u pogledu podobnosti betona za lepljenje karbonskih traka:

- $f_{at} > 1,5$ MPa ako se radi o trakama-laminatima;
- $f_{at} > 1,0$ MPa ako se radi o trakama-tkaninama.

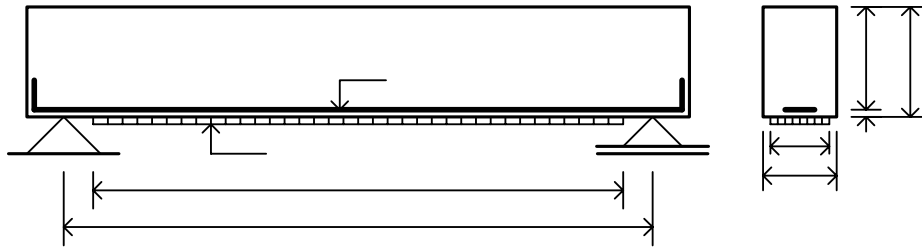


Slika 2. Radni dijagrami karbonskih traka i armaturnog čelika

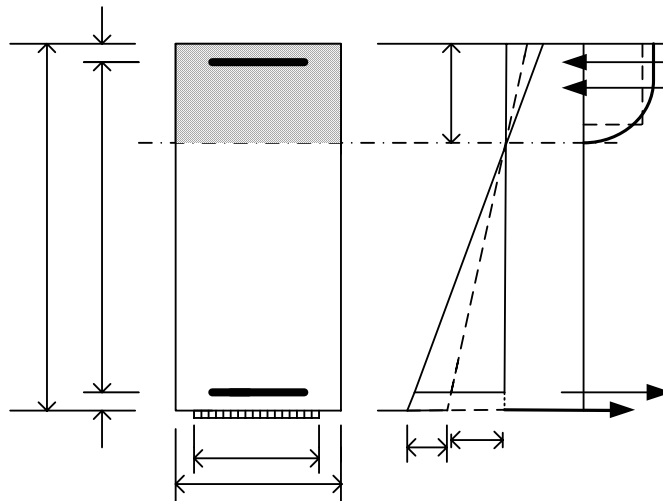
Ispitivanja na zatezanje pokazuju da karbonske trake imaju radne (σ - ϵ) dijagrame koji su linearni u praktično celokupnom naponskom području i da su granične deformacije traka pri kidanju u najvećem broju slučajeva veće od granične deformacije armaturnih čelika od 1,0% (10%), koja se primenjuje pri proračunima armiranobetonskih konstrukcija po metodi graničnog stanja nosivosti (sl. 2).

2. OJAČANJE ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA

Proračun konstrukcija sa ojačanjima u vidu karbonskih traka-lamela danas se najčešće sprovodi primenom metode graničnog stanja nosivosti. U vezi sa tim u preseccima konstrukcija računa se sa graničnim dilatacijama karbonskih traka veličine $\epsilon_1 = 0,6-0,8\%$, što pri srednjoj vrednosti modula elastičnosti E_1 tih materijala od cca 210000 MPa, daje računске granične vrednosti naprezanja u trakama $\sigma_{1,gr}$ između 1260 i 1680 MPa (srednja vrednost cca 1500 MPa). Sa ovim ulaznim podacima moguće je sprovesti proračun ojačanja za svaki konkretan slučaj konstrukcije, pri čemu je veoma važno da se što je moguće tačnije definiše naponsko-deformaciono stanje u vreme izvođenja ojačanja - tzv. "nulto" ("zatečeno") stanje konkretnog konstrukcijskog elementa.



Slika 3. Primer konstrukcije sa ojačanjem u vidu zalepljene karbonske trake-lamele



Slika 4. Dilatacije i unutrašnje sile pri graničnom stanju ojačanog pravougaonog preseka

U daljem će se na primeru proste grede prikazane na slici 3 prikazati osnove proračuna ojačanja kod konstrukcija izloženih savijanju. U vezi sa tim, kao prvo, treba definisati uticaje u konstrukciji u "nultom" stanju, odnosno definisati momente koji će biti prisutni za vreme izvođenja radova na ojačanju (sanaciji), a što je u prvom redu važno iz razloga da se na taj

način ostvari mogućnost izračunavanja odgovarajuće dilatacije u postojećoj - zategnutoj armaturi. Tek nakon toga, kada se definiše veličina ε_{ao} , može se pristupiti realizaciji procedure proračuna koja je definisana slikom 4, a koja se u suštini svodi na primenu uobičajenog postupka metode graničnog stanja nosivosti armiranobetonskih konstrukcija izloženih savijanju. Drugim rečima, proračun potrebnog ojačanja u vidu zalepljene karbonske trake-lamale svodi se na definisanje površine lamale A_l , tako da dilatacija lamale ε_l bude u granicama 0,6 do 0,8%, a da pri tome dilatacija u postojećoj zategnutoj armaturi zadovolji uslov $\varepsilon_a \leq 1,0\%$ (= 10‰). Pri tome postoji još i uslov

$$\frac{M_{u(oj)}}{M_{u(no)}} \leq 2, \quad (1)$$

gde je $M_{u(no)}$ granični moment za neojačani presek, a $M_{u(oj)} = M_{u(no)} + M_{u(l)}$ granični moment za ojačani presek; veličina $M_{u(l)}$, logično, predstavlja granični moment (momenat nosivosti) koji predstavlja isključivo posledicu prisustva zalepljenih karbonskih traka-lamala. To drugim rečima znači da se pri primeni ojačanja zalepljenim karbonskim trakama-lamalama dozvoljava da nosivost ojačanog preseka bude najviše dva puta veća od nosivosti neojačanog preseka.

Osim egzaktnog proračuna na napred opisan način, a pod pretpostavkom da granično stanje u posmatranom preseku konstrukcije ne nastupa pri lomu betona, potrebna površina dodatne karbonske trake-lamele A_l može da se izračuna i putem sledećeg izraza:

$$A_l \cong \frac{M_u(\Delta q)}{0,9d\sigma_{l,gr}}. \quad (2)$$

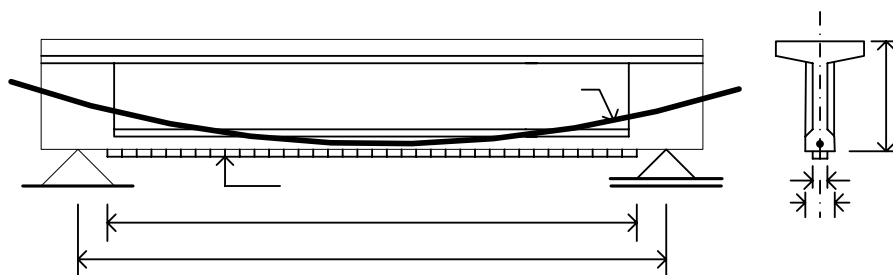
U ispisanjoj relaciji figurišu:

- $M_u(\Delta q)$ - granični momenat od opterećenja Δq koje predstavlja razliku ukupnog opterećenja q i opterećenja koje odgovara "nultom" stanju konstrukcije;
- d - ukupna visina betonskog preseka;
- $\sigma_{l,gr}$ - granični napon u karbonskoj traci-lameli koji odgovara usvojenoj graničnoj deformaciji trake (0,6 do 0,8%).

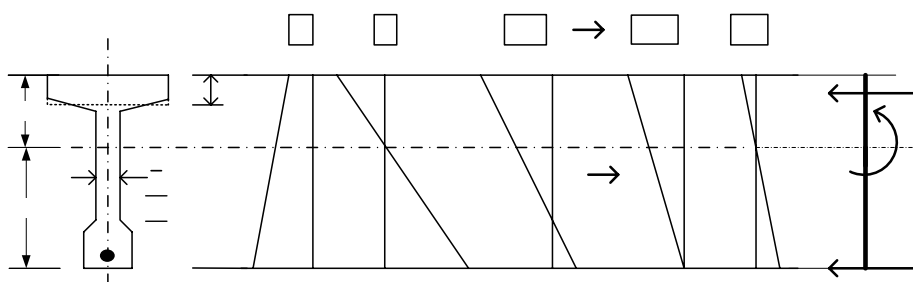
Ovde treba napomenuti da izraz (2) implicitno podrazumeva da se celokupno opterećenje Δq poverava isključivo dodatnoj traci-lameli, a da dati betonski presek sa postojećom armaturom prihvata samo opterećenje koje odgovara "nultom" stanju konstrukcije.

3. OJAČANJE PREDNAPREGNUTIH KONSTRUKCIJA

U slučaju prednapregnutih konstrukcija, na primer nosača prikazanog na slici 5, takođe, kao prvo, treba definisati uticaje u konstrukciji u "nultom" stanju, odnosno definisati momente koji će biti prisutni za vreme izvođenja radova na ojačanju. S tim u vezi, a primenom metode dozvoljenih napona i potpuno prihvatljive pretpostavke da je za vreme izvođenja radova na ojačanju konstrukcija izložena isključivo delovanju stalnog opterećenja, može se definisati dijagram naprezanja u merodavnom (opasnom) preseku označen sa "g" na slici 6. Ako se taj dijagram superponira sa naponskim stanjem u istom preseku od opterećenja "p", dobiće se, kako pokazuje slika 6, dijagram označen sa "g+p" u okviru koga, ukoliko je stvarno neophodno ojačanje konstrukcije, napon $\sigma_d(g+p)$ treba da bude ne samo veći od dozvoljenog napona zatezanja koji odgovara potpunom predapreznju, već veći i od vrednosti napona zatezanja koja se toleriše pri tzv. ograničenom prednapreznju.



Slika 5. Prednapregnuti nosač sa zalepljenom karbonskom trakom-lamelom



Slika 6. Dijagrami naprezanja u nosaču koji se ojačava

Proračunski postupak koji u daljem treba primeniti svodi se na to da se, kao prvo, odredi tzv. momenat dekompresije M_{dek} pri kome će na donjoj ivici preseka biti anuliran ranije prisutan napon $\sigma_d(g+p)$, a to znači da treba izračunati pozitivan momenat veličine

$$\Delta M = \sigma_d(g+p) \cdot W_d. \quad (3)$$

Ovde je sa W_d označen otporni momenat za donju ivicu posmatranog preseka (u okviru slike 6 ispisane su sve geometrijske karakteristike datog preseka: površina F , otporni momenat za gornju ivicu preseka W_g i otporni momenat za donju ivicu preseka W_d).

Nakon definisanja momenta ΔM , a saglasno slici 6, proizilazi da je

$$M_{dek} = M(g+p) - \Delta M, \quad (4)$$

što znači da se ukupni momenat u posmatranom preseku $M(g+p)$ razlaže na momenat M_{dek} i momenat ΔM . Prvi od navedenih momenata prihvata neojačani presek, dok momenat ΔM treba da prihvati betonski presek sa dodatnom karbonskom trakom-lamelom. Kako u praksi, u odnosu na nosivost prednapregnutih nosača, u ovakvim slučajevima najčešće nije kritičan napon pritiska u betonu već napon zatezanja u "armaturi", a to u konkretnom slučaju znači napon zatezanja u dodatnoj traci-lameli, potrebna površina dodatne trake-lamele može da se odredi na bazi granične vrednosti momenta ΔM_u . Ova vrednost, pak, sa dovoljnom tačnošću može da se dobije na bazi faktora sigurnosti veličine 1.8, pa se, prema tome, može usvojiti da je

$$\Delta M_u \approx 1,8 \cdot \Delta M. \quad (5)$$

Kao dovoljno tačna vrednost, pak, za graničnu silu u dodatnoj traci-lameli sada se može usvojiti veličina

$$Z_{l,u} \approx \Delta M_u / z, \quad (6)$$

gde "z" predstavlja krak unutrašnjih sila u graničnom stanju nosivosti preseka. Ako se nakon ovoga sa dovoljnom tačnošću usvoji vrednost $z = 0,9 \cdot d$, konačno se dobija da je

$$Z_{l,u} \approx \Delta M_u / 0,9 \cdot d. \quad (7)$$

Kako se u konkretnom slučaju polazi od pretpostavke da je za vreme izvođenja radova na ojačanju predmetna konstrukcija izložena isključivo delovanju stalnog opterećenja "g", to će u trenutku dostizanja vrednosti momenta dekompresije M_{dek} , dilatacija u zalepljenoj karbonskoj traci biti jednaka odgovarajućoj dilataciji u betonu, što znači da će imati vrednost

$$\varepsilon_{l,dek} = [\sigma_d(M_p) - \sigma_d(\Delta M)] / E_b. \quad (8)$$

Na osnovu toga proizilazi da za proračun potrebne površine preseka dodatne trake-lamele A_1 treba usvojiti dozvoljenu dilataciju veličine

$$\varepsilon_{1,doz} = \varepsilon_1 - \varepsilon_{1,dek} \quad (9)$$

U izrazu (9) ε_1 predstavlja graničnu dilataciju u karbonskoj traci-lameli za koju je napred rečeno da se usvaja u okviru intervala 0,6-0,8%.

Na bazi vrednosti $\varepsilon_{1,doz}$ može se konačno izračunati i potrebna površina dodatne trake-lamele:

$$A_1 = Z_{1,u} / (\varepsilon_{1,doz} \cdot E_1) \quad (10)$$

U izrazu (8) veličina E_b predstavlja modul elastičnosti betona, dok je u izrazu (10) sa E_1 označen modul elastičnosti dodatne trake-lamele.

DESIGN METHOD FOR STRENGTHENING OF CONCRETE STRUCTURES WITH CARBON STRIPS

Summary: *Strengthening of concrete structures by gluing together the additional elements like carbo-wraps or carbo-plates is presented in paper. Basis of design method is analysed according limit state of the strengthened reinforced concrete section. Simplified design method for practice is determined. Also, strengthening of prestressed concrete structures is analysed.*

Key words: *carbon strip, carbo-wrap, carbo-plate, epoxy lime.*

PROBLEMATIKA ANKERISANJA KARBONSKIH TRAKA ZA OJAČANJE AB KONSTRUKCIJA

Mihailo Muravljov¹
Dejan Bajić²

UDK: 624.078.7

Rezime: Rad se bavi pitanjima ankerisanja i vođenja karbonskih taka-lamela koje se koriste u okviru tehnike ojačanja armiranobetonskih konstrukcija. Izlaganja se zasnivaju na naponima smicanja koji se javljaju na kontaktima traka-beton ostvarenim putem odgovarajućeg epoksidnog lepka. S obzirom da dužine ankerisanja u ovakvim slučajevima bitno zavise od granične vrednosti napona koje je u stanju da podnese zalepljeni spoj, te vrednosti, kao rezultati konkretnih ispitivanja, daju se u funkciji ostvarene marke betona. U zavisnosti od tako definisanih vrednosti, prikazuju se potrebne dužine ankerisanja kako pri primeni traka-tkanina, tako i pri primeni traka-laminata.

Cljučne reči: napon smicanja, zalepljeni spoj, epoksidni lepak, dužina ankerisanja

1. UVOD

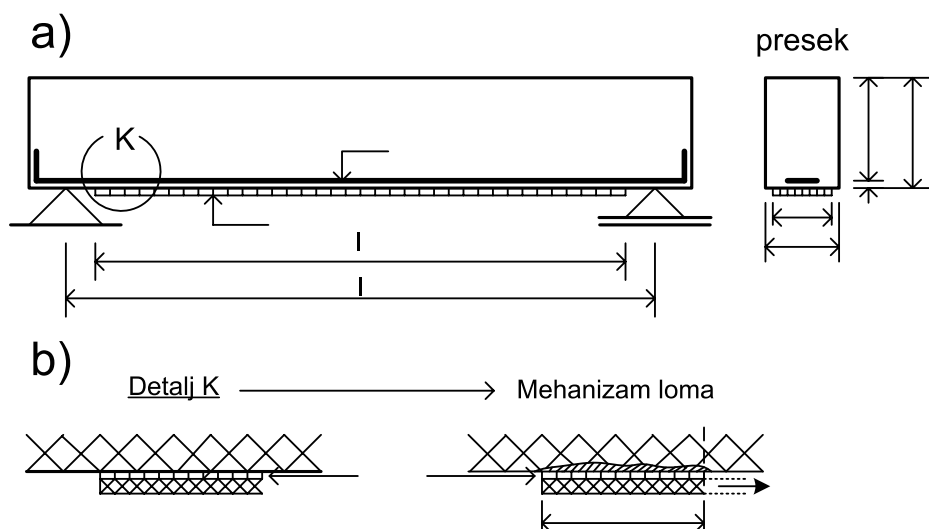
Pri ojačanjima armiranobetonskih konstrukcija postupcima lepljenja dodatnih traka na bazi karbonskih vlakana - traka-tkanina i traka-laminata (sl 1a), napon smicanja na kontaktu između zalepljene trake-lamele i betona definisan je izrazom

$$\tau \cong \frac{Q_u}{0,9db_l} . \quad (1)$$

Ispisana relacija, logično, mora da bude zadovoljena u svim presecima date konstrukcije, pri čemu Q_u predstavlja graničnu transverzalnu silu u posmatranom preseku, dok su d i b_l , respektivno, visina preseka i širina zalepljene trake-lamele.

¹ Prof. dr Mihailo Muravljov, dipl.inž.grad., Građevinski fakultet, Beograd

² Prof. dr Dejan Bajić, dipl.inž.grad., Građevinski fakultet, Beograd



Slika 1. Karbonska traka (lamela) zalepljena za betonski presek

Napon smicanja τ u svim presecima konstrukcije mora da bude manji ili jednak određenoj graničnoj vrednosti f_t , pri čemu je pitanje veličine f_t - čvrstoće pri smicanju zalepljenog spoja beton-lamela - moguće razrešiti isključivo na bazi eksperimentalnih ispitivanja.

2. DUŽINE ANKERISANJA KARBONSKIH TRAKA

Ispitivanja pokazuju da, ukoliko se pri izvođenju radova na ojačanjima konstrukcija putem karbonskih traka-lamela primenjuju odgovarajući epoksidni lepkovi i strogo pridržava svih principa i pravila predmetne tehnologije, "otkazi" zalepljenih spojeva uvek nastupaju "po betonu". Znači, do odvajanja zalepljene trake-lamele, izložene sili zatezanja Z_t , od betonskog elementa ne dolazi po kontaktu traka-lepak, niti preko loma kroz sam sloj primenjenog lepka, već dolazi tako što se u okviru predmetnog spoja "kida" površinski sloj betona debljine nekoliko milimetara (3-5mm - videti detalj K i mehanizam loma dat na sl. 1b). Ta okolnost omogućava da se čvrstoća f_t definiše u funkciji kvaliteta betona, odnosno marke betona MB, pa se u vezi sa tim, u tabeli 1, prikazuju veličine f_t u funkciji marke betona MB dobijene na bazi jednog konkretnog eksperimentalnog ispitivanja, a koje se mogu koristiti i pri rešavanju praktičnih problema.

Tabela 1. Zavisnost između marke betona MB i čvrstoće f_t

MB	10	20	30	40	50
f_t (MPa)	1,0	1,6	2,0	2,3	2,5

Na bazi numeričkih vrednosti čvrstoća f_t datih u tabeli 1 mogu se definisati i potrebne dužina ankerisanja λ zalepljenih lamela u funkciji njihovih debljina "t" i marke betona elemenata za koje se lepe. Nije teško pokazati da će dužina λ u posmatranom slučaju biti definisana izrazom

$$\lambda = t \cdot \frac{\sigma_l}{f_t}, \quad (2)$$

u kome, osim već objašnjениh vrednosti, figuriše i veličina σ_l - napon u karbonskoj traci (lameli) na mestu (preseku) njenog ankerisanja.

U slučaju zalepljenih karbonskih traka-tkanina, pod pretpostavkom da na mestu ankerisanja u traci vlada granični napon $\sigma_{l,gr} \approx 1500$ MPa (računska "čvrstoća" koja reprezentuje najveći broj slučajeva u praksi) i da je $f_t \approx 1,0$ MPa (što odgovara minimalnoj vrednosti iz tabele 1), dobiće se da je

$$\lambda \approx 1500 \cdot t. \quad (3)$$

Ako se sada uzme u obzir da se u najvećem broju slučajeva efektivne (neto) debljine traka-tkanina kreću između 0,1 i 0,2mm, sledi da će pod takvim uslovima dužine ankerisanja λ varirati u granicama 150-300mm, što praktično znači da se efikasno ankerisanje bilo koje trake-tkanine ostvaruje već pri dužini $\lambda \approx 30$ cm.

Za trake-laminata u principu važi isti, napred dat izraz za određivanje dužine λ , pri čemu se sada, analogno prethodnom slučaju, može usvojiti da je $f_t \approx 1,5$ MPa. Na taj način dobiće se da za trake-laminata sa dovoljnom tačnošću važi relacija

$$\lambda \approx 1000 \cdot t. \quad (4)$$

Međutim, kod traka-laminata debljine "t" su znatno veće nego kod traka-tkanina, pa bi se mehaničkom primenom iste logike kao kod analize slučaja traka-tkanina dobile vrlo velike i sa praktične tačke gledišta nerealne vrednosti dužine λ . Naime, kod traka-laminata nije opravdano da se pri analizi dužine λ računa sa najvećim mogućim (graničnim) naponom u zalepljenoj lameli, već proračun mora da bude zasnovan na stvarnoj vrednosti napona u zoni kraja lamele, a ta je vrednost uvek značajno manja od maksimalne vrednosti $\sigma_{l,gr}$. U vezi sa tim pretpostaviće se da je prisustvo trake-lamele kao elementa za ojačanje konstrukcije prikazane na slici 1 neophodno samo do preseka udaljenih od oslonaca grede (levog i

desnog) za maksimum 0,11. U tom slučaju će, ako se pretpostavi da je reč o gredi izloženoj jednakopodeljenom opterećenju, u tim preseccima vladati momenti koji po svojim vrednostima predstavljaju svega 36% maksimalnog momenta, a to znači da se pod takvim uslovima veličina λ može prikazati u izmenjenom obliku

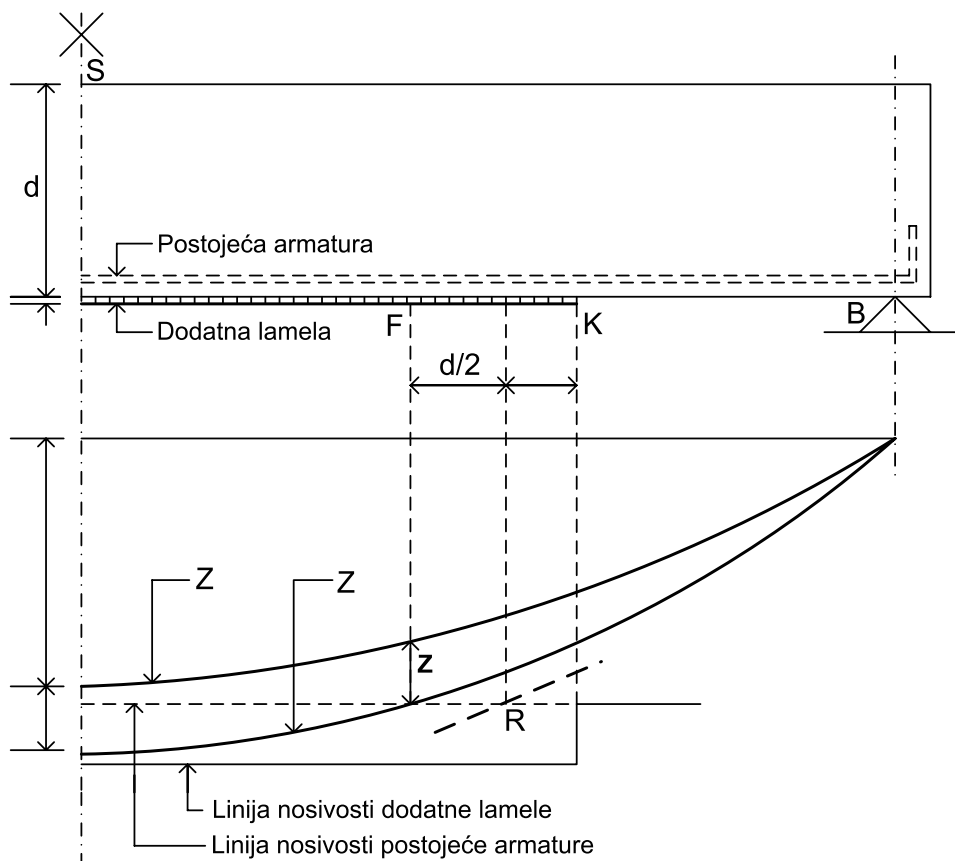
$$\lambda \approx 360 \cdot t. \quad (5)$$

Ako se uzme u obzir da u najvećem broju slučajeva debljine traka-laminata iznose 1,0 do 2,0mm, proizilazi da će sada dužine ankerisanja λ varirati u granicama 360 do 720mm, što praktično znači da se efikasno ankerisanje bilo koje trake-laminata u zoni oslonaca grede (na cca maksimum 0,11 od oslonaca) obezbeđuje sa dužinama λ od 30 do 70cm.

Napred prikazana analiza dužine ankerisanja karbonskih traka, kao što se može zaključiti, je krajnje orijentaciona, ali ipak dovoljno ilustrativna jer omogućava sagledavanje fenomena i relevantnih uticajnih parametara. Ukoliko, pak, postoji potreba za tačnijim definisanjem dužine ankerisanja λ , treba koristiti izraz (2) u koji, kao osnovno, treba uvrstiti efektivnu (stvarnu) vrednost napona u traci $\sigma_{l,ef}$ koja odgovara zoni kraja lamele K, odnosno koja računski odgovara zadnjem preseku u kome je predmetna lamela neophodna kao element za ojačanje konstrukcije. Na taj način dobiće se i efektivna (stvarna) dužina ankerisanja λ_{ef} preko koje će biti definisan kraj K posmatrane trake-lamele.

3. ODREĐIVANJE POTREBNE DUŽINE KARBONSKE TRAKE I₁

Tačno određivanje kraja karbonske trake K, odnosno tačno definisanje njene potrebne dužine, određuje se na bazi dijagrama zatežućih sila u armaturi - u posmatranom slučaju kako sile Z_{ua} u postojećoj armaturi, tako i sile Z_{ul} u dodatnoj armaturi u vidu zalepljene karbonske trake-lamele. Ako se ovde ograničimo isključivo na razmatranje konstrukcija sistema proste grede (sl. 2), s tim u vezi, kao prvo, treba definisati zadnji presek konstrukcije određen tačkom F u kome je predmetna traka-lamela neophodna kao element za ojačanje konstrukcije. Nakon toga, pak, a na bazi dijagrama momenta $M_{u(l)}$ (granične vrednosti momenata koje treba da "prihvati" traka-lamela), za presek F treba izračunati efektivnu silu zatezanja u lameli $Z_{ul,ef} \approx M_{u(l)}/0,9d$. Na osnovu napona $\sigma_{l,ef}$ koji sledi iz dobijene sile $Z_{ul,ef}$ treba zatim odrediti dužinu ankerisanja λ_{ef} , pa nakon toga sprovesti postupak prikazan na slici 2 koji je analogan postupku koji se primenjuje kod klasičnih armiranobetonskih konstrukcija. Drugim rečima, kraj lamele definisan tačkom K biće određen tako što će se iza tačke F u pravcu oslonca B naneti dužina $0,5d + \lambda_{ef}$.

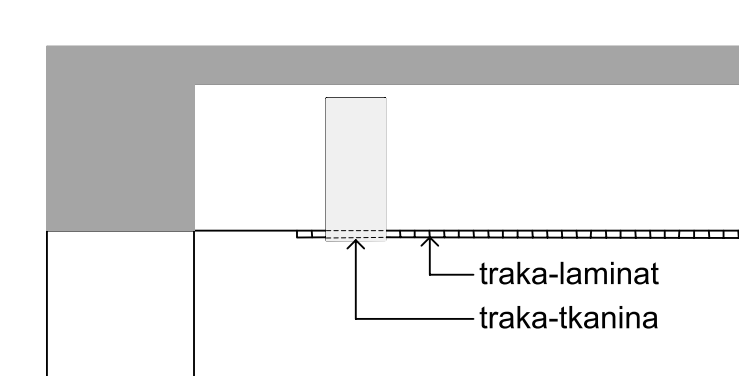


Slika 2. Postupak određivanja potrebne dužine karbonske trake

Ovde se napominje da se u praksi karbonske trake-lamele za ojačavanje armiranobetonskih konstrukcija izloženih savijanju najčešće postavljaju praktično po celokupnim dužinama konstrukcijskih elemenata; na taj način, bez značajnijih povećanja troškova, u potpunosti se "pokrivaju" sve eventualne nepreciznosti vezane za definisanje čvrstoće pri smicanju zalepljenog spoja f_t .

Završeci karbonskih traka-laminata, a iz razloga poboljšanja njihovog ankerisanja, često se izvode na način prikazan na slici 3; kao što se vidi, kraj trake se osigurava jednom

nezatvorenom uzengijom - zalepljenim "U" elementom oblikovanim od karbonske trake-tkanine.



Slika 3. Poboljšanje ankerisanja trake-laminata lepljenjem "U" elementa od trake-tkanine

ANCHORAGE LENGTH OF CARBON STRIPS USED IN STRENGTHENING OF CONCRETE STRUCTURES

Summary: In paper, anchorage length of carbon strips used in strengthening of concrete structures, is analysed. Anchorage length of carbon strip is depended upon shear stress along strip - concrete contact realised by epoxy lime. Anchorage length in this case depend upon limit stress level of contact area. The values of limit stress level, based on experimental research, are given in paper, depending on concrete strength. According these values, anchorage length of carbo-wraps and carbo-plates can be defined.

Key words: shear stress, limed contact, epoxy lime, anchorage length.

OJAČANJE NOSEĆEG ZIDA U SKLOPU REKONSTRUKCIJE RESTORANA "VIDIN KAPIJA"

Nikola Muravljev¹
Branimir Božić²

UDK: 69.059

Rezime: U radu je detaljno opisan postupak ojačanja nosećeg podužnog AB zida u okviru rekonstrukcije restorana "Vidin Kapija" u Beogradu. Kako je projektom enterijera u predmetnom zidu predviđeno isecanje otvora dužine 6.35m i visine 3.7 m, ojačanje je izvedeno smanjenjem raspona grednog nosača iznad otvora umetanjem dva nova čelična stuba. Pored toga, predviđeno je i formiranje nove armature u vidu čeličnih lamela u novonastaloj gredi nad otvorom. Za prijem kosih glavnih napona zatezanja umesto klasičnih uzengija, poprečni presek je ojačan lepljenjem karbonskih traka - tkanina. S obzirom da je usled ove interevencije došlo i do promene statičkog sistema u delu zida između prizemlja i podruma, ojačanje gornje zone ovog dela zida je izvedeno lepljenjem karbonskih traka - laminata.

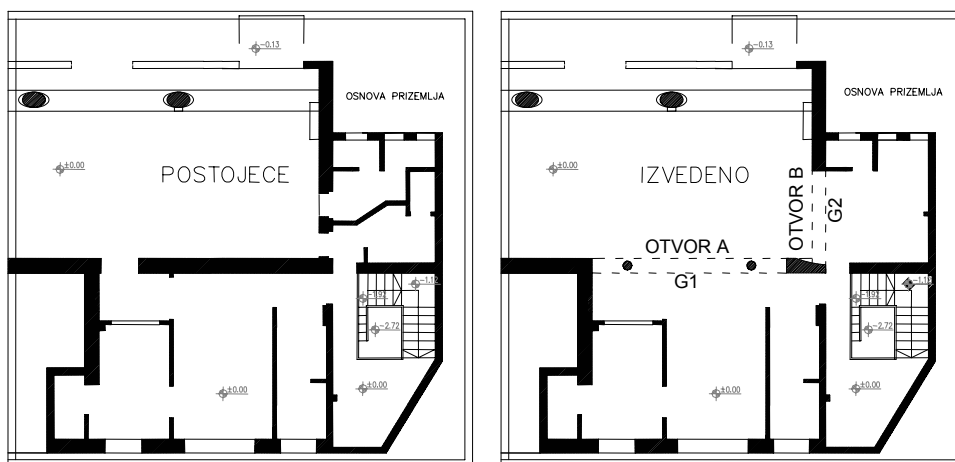
Ključne reči: Ojačanje, karbonska traka-tkanina, karbonska traka- laminat

1. UVOD

Glavnim projektom adaptacije i rekonstrukcije restorana "Vidin kapija" u ulici Džordža Vašingtona 38a u Beogradu predviđeno je probijanje otvora u postojećem armiranobetonskom zidu [Slika 1.]. Kako se u ovom slučaju radi o objektu spratnosti Po+Pr+ 8 i kako se otvori izvode u nosećem AB zidu na nivou prizemlja bilo je neophodno izvesti kombinaciju podupiranja zida sa dodatnim ojačanjima pomoću čeličnih limova i karbonskih traka. Otvor je izveden od kote 0,00 - nivoa prizemlja (od postojeće međuspratne konstrukcije između podruma i prizemlja), pa do određene kote koja je definisana rastojanjem od donje ivice međuspratne konstrukcije izvedene između prizemlja i prvog sprata - na niže.

¹ Nikola Muravljev, dipl inž građ., BMSK, Visokog Stevana 43a, Beograd, tel: 011/2634393,
e-mail: bmsk@yubc.net

² Branimir Božić, građ. teh., "BOŽIĆ", Luja Adamića 15, Beograd, mob: 063/7107988



Slika 1.

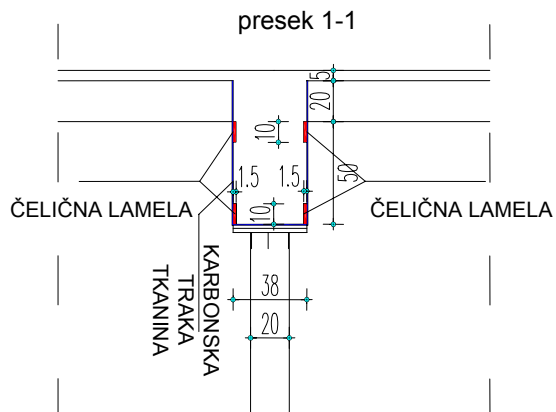
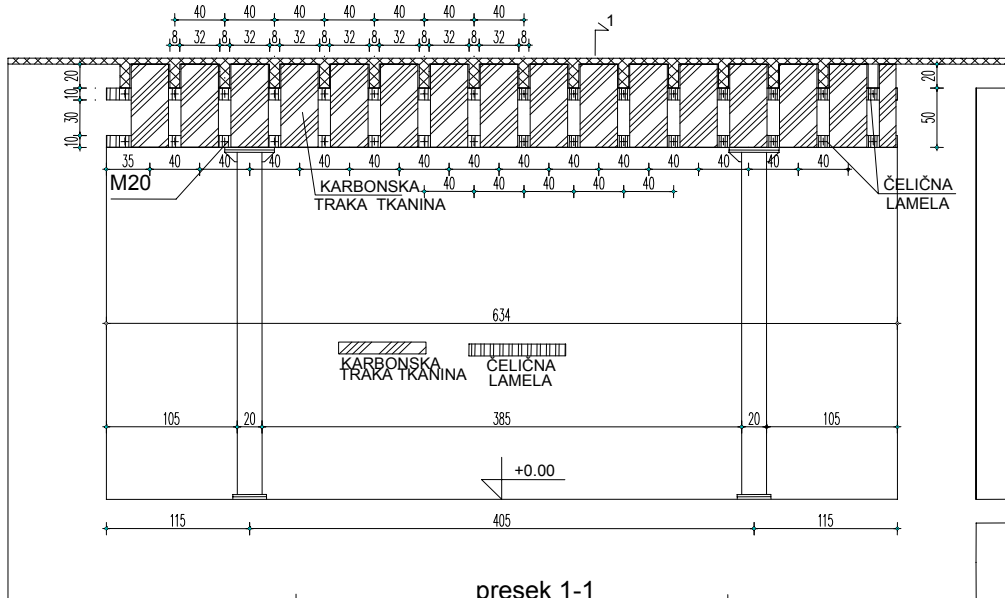
2. KONSTRUKTIVNO REŠENJE

Otvor A - izveden je u podužnom zidu objekta tako da je u konačnoj fazi imao ukupnu širinu od $1,15 + 4,05 + 1,15 = 6,35\text{m}$. U okviru ovog otvora, na međusobnom rastojanju 4,05 m, izvedena su dva čelična stuba HOP 200x200x10, tako da napred navedene mere otvora predstavljaju šemu raspona kojim se premostio dati otvor. Krajnji oslonci nosača G1, pak, su delovi betonskog zida koji kao takvi ostaju nakon "probijanja" predmetnog otvora. Ukupna visina nosača G1 je 75cm, što znači da je njegova donja ivica sa visinskom kotom 2,95, spuštena za 50cm u odnosu na postojeću sitnorebrastu međuspratnu konstrukciju ukupne visine 25cm [Slika 2.].

Izvođenje otvora A je podrazumevalo da se prvo, pre pristupanja samom "probijanju" otvora, ugradi glavna armatura budućih grednih nosača koji natkriljuju date otvore. Ova armatura je formirana pomoću čeličnih limova (Č 0361) širine 100mm i debljine 15mm, koji se duž budućih greda obostrano postavljaju "na kant", pri čemu se njihovo povezivanje sa betonom ostvarilo lepljenjem putem odgovarajućeg epoksidnog lepka, a takođe i primenom brezona M20 klase čvrstoće 5,6 (5,8). Kod grede koja premošćuje otvor A čelični limovi su postavljeni u dva nivoa: u donjoj zoni grede i u gornjoj zoni - neposredno ispod postojeće sitnorebraste konstrukcije. Ovi limovi su u datom slučaju ugrađeni u prethodno izvedene zaseke u betonskom zidu, tako da se ostvari poklapanje površine betona sa površinom čelika [Slika 3.]. Površina betona u okviru zaseka je pre postavljanja limova prethodno izravnata odgovarajućom reparaturnom masom, a tek nakon toga su lepljeni limovi epoksidnim lepkom za beton.

Brezoni, koji su ugrađeni pre lepljenja limova, su usidreni u beton masom na bazi epoksida, što je podrazumevalo da njihove površine budu prethodno ispeskarene.

GREDA G1



Slika 2.



Slika 3

Ispeskarenost površina je bila obavezna i kod limova - na stranama koje su bile zalepljene za beton.

Pored ovakvog načina armiranja nosača iznad otvora A, bilo je potrebno da taj nosač bude armiran i "uzengijama" u vidu karbonskih traka-tkanina (Wrap) koje su u obliku "U" elemenata bile zalepljene za beton. Upotrebene su trake-tkanine širine 300mm, površinske mase 300g/m².

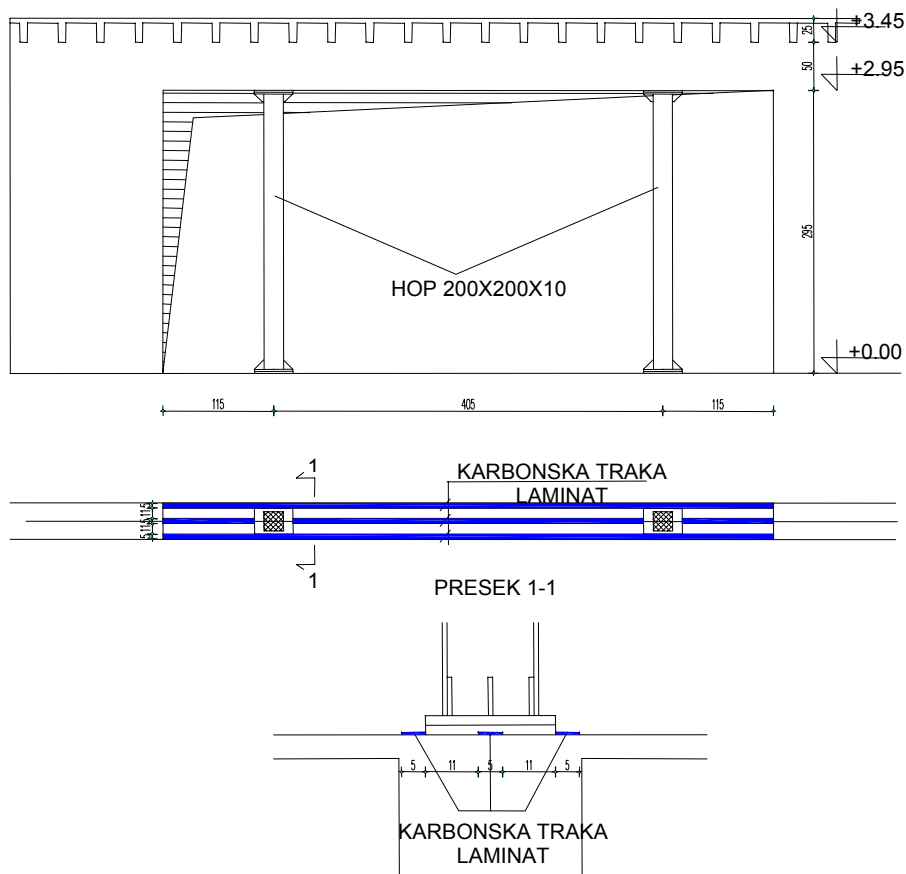
3. TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA

Izvođenje otvora A podrazumevalo je fazno uklanjanje pojedinih delova postojećeg zida, pri čemu se ova operacija izvela sečenjem betona primenom odgovarajućih testera sa dijamantskim kronicama. Sečenje o kome je reč je izvedeno izradom i uklanjanjem pojedinih "stubova", što znači da su se pri toj operaciji prvo izveli vertikalni rezovi celom visinom otvora, a tek nakon toga izveli horizontalni rezovi i sukcesivno uklanjali delovi tako dobijenih "stubova". Pošto nije bilo moguće izvesti rezanje strogo na koti 0,00, u nivou kote prizemlja, dodatnim štemovanjem se odstranio "višak" betona, a nakon toga se odgovarajućim reparaturnim malterom konačno izvela ravna površina otvora na toj koti.



Slika 4.

Prilikom izvođenja radova na otvoru A kao prvo, neohodno je bilo u odgovarajućim prorezima izvršiti montažu čeličnih stubova, a tek nakon toga se pristupilo definitivnom proširivanju otvora kako bi se dobile projektovane mere [Slika 4.]. Pri ovome su, u okviru raspona od 4,05 m postavljeni privremeni podupirači. Prilikom isecanja otvora A na koti 0,00 faktički je formirana kontra-greda koja je ojačana armaturom u vidu lepljenja karbonskih traka-laminata [Slika 5.].



Slika 5.

Sukcesivno "probijanje" otvora A je praćeno odgovarajućim radovima na lepljenju "uzengija", postupkom koji je uobičajen pri primeni ove tehnike.

4. ZAKLJUČAK

Napred opisana intervencija na nosećem armiranobetonskom zidu [Slika 6.], pokazuje kako je moguće izvesti dosta složene zahvate na nosećim konstruktivnim elementima uz primenu različitih sanacionih materijala i odgovarajućih tehnoloških postupaka.

LITERATURA

[1] Arhi.pro inženjering: Glavni projekat adaptacije i rekonstrukcije restorana u ulici Džordža Vašingtona br.38a u Beogradu, novembar 2005.



Slika 6.

STRENGTHENING OF LOAD BEARING WALL IN "VIDIN KAPIJA" RESTAURANT

Summary: This paper present process of strenghtening of load bearing concrete wall during Vidin kapija restaurant reconstruction in Belgrade. As the interior design project implied opening with 6.35 m length and 3.7 m in this wall, strenghtening was constructed by inserted two steel columns and forming new reinforcement with carbon fibre fabric and carbon plates.

Key words: Strenghtening, carbon fibre fabric, carbon fibre plate

PREDNAPETE ŠUPLJE PLOČE PROIZVOĐAČA «VIBROBETON, VINKOVCI»

Ivanka Netinger¹

Zlata Dolaček²

Damir Papac³

UDK:624.073.6

Sažetak: U radu su prikazane prednapete šuplje ploče kao inovativan građevinski proizvod u svijetu i Hrvatskoj. Predočeni su uobičajeni zahtjevi koji se postavljaju na ovaj polumontažni element kao i zahtjevi kojima moraju udovoljiti građevni materijali (građiva) koja se u njega ugrađuju. Opisani su postupci proizvodnje istih ovisno o raspoloživoj tehnologiji. Predočena su uobičajena svojstva takvih elemenata u svijetu. Naglasak je stavljen na svojstva prednapetih šupljih ploča trenutno jedinog proizvođača u Hrvatskoj – poduzeća «Vibrobeton, Vinkovci».

Ključne riječi: prednapeti beton, nosivost, krutost, stropna konstrukcija, predgotovljeni element, šuplja ploča.

1. UVOD

Prednapete šuplje ploče smatraju se proizvodom visoke građevne tehnologije, namijenjenim za primjenu u stropnim konstrukcijama stambenih, poslovnih i industrijskih građevina. Osmišljeno postavljene uzdužne šupljine umanjuju vlastitu težinu tih elemenata i do 54%. [1] Umanjenjem vlastite težine povećava se njihova nosivost za uporabno opterećenje zbog čega se ovaj proizvod može svrstati u izrazito racionalne. Koriste se u armiranobetonskim konstrukcijama, te zidanim i čeličnim građevinama.

Proizvodnja elemenata u tvornici je u automatizirana kliznim finišerom čime se izbacuje primjena oplata. Dostavom ploča na gradilište i njihovom postavljanjem u predviđeni položaj, radovi pri izradi stropne konstrukcije se svode na armiranje horizontalnih serklaža i uzdužnih sljubnica između ploča te zalijevanje istih betonom. Već nekoliko dana nakon montaže, stropna konstrukcija može preuzeti puno uporabno opterećenje.

¹ mr. sc. Ivanka Netinger, dipl.inž.grad., Građevinski fakultet Osijek, Crkvena 21, 31000 Osijek, tel: +385/031-540-082, e-mail: nivanka@gfos.hr

² mr.sc. Zlata Dolaček, dipl.inž.grad.; Građevinski fakultet Osijek, Crkvena 21, 31000 Osijek, tel: +385/031-540-082, e-mail: zlatad@gfos.hr

³ Damir Papac, dipl.inž.grad., «Vibrobeton, Vinkovci», A. Stepinca 2, 32100 Vinkovci, tel: +385/032-357-441, e-mail: damir.papac@vibrobeton.hr

2 OPĆENITO O PREDNAPETIM ŠUPLJIM PLOČAMA

2.1 GRADIVA

Gradiva koja se koriste pri proizvodnji moraju zadovoljiti zahtjeve dane međunarodnim ili državnim normama. Pri odabiru gradiva treba uzeti u obzir klasu izloženosti okoliša, uključujući sva kemijski agresivna djelovanja. Odabir valja uskladiti s drugim čimbenicima, kao što su dimenzioniranje, razrada pojedinosti, izvedba te predviđene mjere održavanja da bi se postiglo traženo ponašanje konstrukcije u predviđenom uporabnom vijeku.

Pri izradi ploča koriste se dvije osnovne betonske miješavine, ovisno o tehnologiji proizvodnje; betonska miješavina malog stupnja slijeganja (krute konzistencije) i miješavina «normalnog» stupnja slijeganja (tekuće konzistencije). Betonska miješavina malog stupnja slijeganja podrazumijeva mali vodocementni omjer (oko 0,3) što otežava miješanje betona. Strojno zbijanje ploča zahtijeva prikladnu obradljivost betona te se, stoga, preporučuje uporaba dodataka betonu kojima se, umanjujući udio cementa i potrebe za vodom, još uvijek zadržava prikladna obradljivost. Betonima «normalnog» stupnja slijeganja smatraju se oni s vodocementnim omjerom od 0,4 do 0,45. [2] U očvrslom stanju beton treba biti najmanje klase C 30/37. [3]

Vrsta i veličina čelika za prednapinjanje uvjetovana je ponudom proizvođača. Korištenje više različitih veličina poprečnih presjeka optimizirati će troškove projekta, dok će ugradnja samo jedne do dvije veličine poprečnih presjeka čelika pojednostaviti proizvodnju.

Pojedinačne ploče povezuju se u stropnu konstrukciju zalijevanjem sljubnica mortom (betonom), uglavnom miješavine pijeska i portland cementa u omjeru 3:1, najmanje srednje vrijednosti tlačne čvrstoće 15 N/mm^2 . Konzistencija morta mora biti takva da je moguće potpuno ispunjavanje sljubnica uz istovremenu spriječenost njegova istjecanja. [2]

Zbog povećanja krutosti i čvrstoće za gravitaciona opterećenja te mogućnosti poprečnog prenošenja opterećenja unutar dijafragme, često se na pločama izvodi beton na licu mjesta, tzv. tlačna ploča. Tlačna čvrstoća betona tlačne ploče ovisi o zahtjevima koji se postavljaju na strop i iznosi $20 - 30 \text{ N/mm}^2$. Debljina sloja betona može biti jednaka po cijelom rasponu strova čime se dobiva zakrivljena gornja ploha ili se može predvidjeti neka minimalna debljina betona u sredini raspona koja će se povećavati prema krajevima nosača čime se dobiva stropna konstrukcija sa ravnom gornjom plohom. Ponekad se može zahtijevati i armiranje tlačne ploče, barem minimalnim udjelom kojim će se spriječiti raspucavanje. [2]

2.2 OBLIKOVANJE

Ploče se uobičajeno proizvode u širini od 120 cm i debljini do 40 cm te duljini do čak 16 m. U razvoju sheme oblikovanja kreće se od raspona ploče. Za dano opterećenje i

potrebnu požarnu otpornost, duljina i debljina ploče se optimiziraju uvidom u tablice proizvođača ploča. Velika opterećenja će uzrokovati mali omjer raspon/debljina. Postoje neke preporuke o odnosu raspona i debljine ploče. Za krovne ploče je to 50 a za stropne 40. U praksi je odnos od 45 uobičajen za stropove i krovove gdje požarna trajnost, otvori, velika ili pretrpjela opterećenja ne uvjetuju veći odnos. [2]

Osim ploča standardnih širina, u tlocrtnoj se dispoziciji pojavljuju i ploče manjih širina. Neki proizvođači takve ploče lijevaju u smanjenoj širini a neki ih izrezuju iz cijelih ploča uzdužnom pilom odmah po izradi (prije očvršćavanja).

Vezano uz oblikovanje poprečnog presjeka nalazimo neke preporuke u okviru HRN EN 1168:2004. Prema tim preporukama najmanja moguća debljina hrpta iznosi 20 mm, dok najmanja debljina pojasnice može iznositi 17 mm. Propisane vrijednosti treba uvećati za veličinu mogućeg odstupanja u izvedbi. [4]

Osim što treba predvidjeti najmanji broj natega koji s dostatnom pouzdanošću osigurava da otkazivanje određenog broja šipki ili užadi neće dovesti do otkazivanja nosivosti elementa, treba voditi računa i o njihovom smještanju u presjeku. Natege moraju biti raspodijeljene jednoliko po cijeloj širini ploče, tako da ploča širine 120 cm ima najmanje 4 žice ili užeta i da njihov svijetli razmak iznosi najmanje 20 mm u horizontalnoj ravnini i 10 mm u vertikalnoj ravnini. [2]

Najmanju širinu sljubnica potrebno je uskladiti obzirom na svojstva svježeg morta, postupak zalijevanja, najveće zrno agregata i moguće kasnije šipke serklaža. [1]

2.3 PROIZVODNJA

Nakon što je staza očišćena i pregledana, započinje se sa razvlačenjem čelika za prednapinjanje. Čelik, zaklinjen s jedne strane, razvlači se dužinom staze (slika 1) i provlači kroz otvore sidrišta na kojem se vrši unos projektom predviđene sile. Kako je staza grijana zbog bržeg očvršćavanja betona, potrebno je provjeriti temperaturu vode u cijevima staze prije samog početka betoniranja. Nakon što su stečeni uvjeti za betoniranje, betonska miješavina, prikladne konzistencije i recepture, doprema se (slika 2) i ugrađuje.

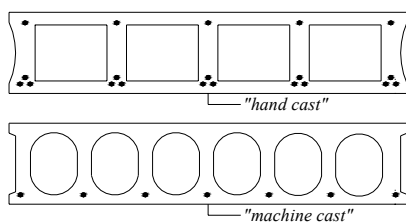


Slika 1. Čelik za prednapinjanje razvučen na stazi



Slika 2. Dopremanje betona kiblom po kranskoj stazi

Obzirom na postupak ugradnje betona, razlikujemo šuplje prednapete ploče izrađene kao «hand cast» i one izrađene «machine cast» (slika 3). Kod onih izrađenih kao «hand cast» beton se smješta (lijeva) na konvencionalan način, nabijačima i vibratorima. Otvori su u tom slučaju pravokutni i ostvaruju se postavljanjem polistirena. «Machine cast» ploče oblikuju se strojno uz upotrebu tzv. klizne oplata – «slip former» ili na principu istiskivanja betonske mješavine – «extruder» (slika 4). [2] Stroj, na vrhu kojeg je smještena konstantno napunjena kibla, prelazi po stazi (duljine i do 150 m) i oblikuje profil u kliznoj oplati ili ga istiskuje pod vlastitom težinom (ekstruzija). Klizeći stazom, stroj uzima beton iz kible i prebacuje ga na stazu dajući mu oblik uz prikladnu zbijenost.



Slika 3. Izgled «hand cast» i «machine cast» ploča



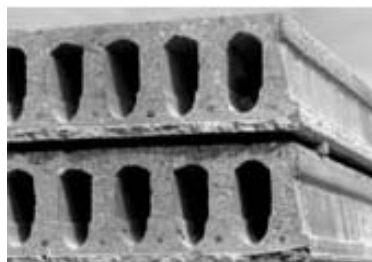
Slika 4. Izgled stroja (extruder) za izradu ploča

O primijenjenom načinu izrade ploča ovisiti će konzistencija svježe betonske mješavine. Pri proizvodnji sustavom ekstruzije kroz stroj (ekstruder) se istiskuje beton vrlo krute konzistencije pri čemu se svrdlima ili cijevima formiraju otvori oko kojih se beton zbija. Upotreba oplata ovdje nije potrebna. Kod sustava izrade ploča lijevanjem koristi se beton veće obradljivosti. U tom se slučaju bočne strane formiraju fiksnom ili kliznom oplatom. Kod ovog načina izrade šupljine se formiraju ili lakim agregatom umetnutim kroz cijevi lijevajućeg stroja, pneumatskih cijevi usidrenih za fiksiranu oplatu ili dugačkih cijevi u sastavu stroja koji klizno oblikuje ploču.

Nakon očvršćavanja betona i stjecanja najmanje propisane čvrstoće pri otpuštanju, ploče se režu (slika 5) na dužinu određenu projektom. Slika 6 prikazuje proizvod opisanog procesa.



Slika 5. Rezanje ploča na projektom određenu dužinu



Slika 6. Konačan izgled prednapete šuplje ploče

3 PREDNAPETE ŠUPLJE PLOČE "VIBROBETON" (PPV)

Ploče proizvođača "Vibrobeton" izrađuju se ekstruzijom betona na stazu duljine 116 m (ukupno dvije staze) uz prikladno zbijanje. U ponudi su ploče pet različitih debljina: 200, 250, 300, 350 i 400 mm. Unutar iste debljine ploče razlikuje se sedam varijanti armiranja koje su označene slovima A, B, ..., G. Ploče se proizvode u dva razreda požarne otpornosti koji se razlikuju u debljini zaštitnoga sloja armature. Zaštitni sloj iznosi 35 (razred požarne otpornosti REI 90) ili 45 mm (REI 120) što je uvjetovano položajem otvora na sidrenoj ploči. Takav zaštitni sloj odgovara isključivo I. razredu agresivnosti okoliša u skladu s normom HRN ENV 1992-1-1.

Pri proizvodnji se koriste materijali visoke kakvoće: čelik za prednapinjanje Y1860S-7 vlačne čvrstoće 1860 N/mm^2 u obliku užeta ($\phi 12,5$ i $\phi 9$) u donjoj zoni presjeka i čelik za prednapinjanje Y1670C vlačne čvrstoće 1670 N/mm^2 u obliku žice ($\phi 7$) u gornjoj zoni presjeka, te beton razreda C50/60. Ploče su prethodno napete pa se sila prednapinjanja prenosi adhezijom čelika i betona. [1]

Statički proračun ovakvih proizvoda provodi se za pojedinačne elemente, uz napomenu da se u glavnom projektu građevine u obzir moraju uzeti učinci djelovanja koncentriranih sila i linijskih opterećenja, mjesnih opterećenja većih od prosječnih (ako su na strop postavljeni strojevi), učinci oslabljenja otvorima, torzijski učinci zbog djelovanja na rubovima ploča, sigurnost na proboj, učinci prouzročeni zavješanjima opreme ili obješenih plafona ispod stropne konstrukcije, eventualni dinamički učinci, učinci prouzročeni kontinuitetom ploča ili spriječenim deformiranjem itd. Navedeni učinci mogu uvjetovati veću debljinu ploče. Ploče su proračunane kao slobodno oslonjene pa eventualna spriječenja deformiranja na ležajevima treba projektant razmotriti od slučaja do slučaja. Proračun je proveden za jednolično raspodijeljeno opterećenje koje se sastoji od: vlastite težine ploče i težine betona u uzdužnim sljubnicama ploča (g_0), konstantne vrijednosti ostalih stalnih opterećenja ($g_1 = 1,5 \text{ kN/m}^2$) i uporabnog opterećenja (q), uz koeficijent kombinacije djelovanja u graničnom stanju uporabivosti sukladno razredu djelovanja E (skladišta) iz tablice 9.3 norme HRN ENV 1991-1.



Slika 7. Ispitivanje nosivosti ploče tipa PPV 400-G 45

Na temelju rezultata ispitivanja provedenih na nekim tipovima ploča (slika 7) zaključeno je da je ponašanje ploča pod opterećenjem u skladu sa pretpostavkama proračuna.

Kao i većina drugih proizvođača, «Vibrobeton» je dao izraditi Priručnik za projektante koji orijentaciono treba poslužiti projektantima pri izboru tipa ploče. U Priručniku su dane tablice i dijagrami s kojih se očitava najveći dopušten statički raspon za pojedini tip ploče.

4 ZAKLJUČAK

Prilagodljivost načinu gradnje, mala vlastita težina, premošćivanje velikih raspona i brza izvedba konstrukcija su samo neki od razloga što ovaj građevni proizvod svrstavaju među najnaprednije i najraširenije u industriji predgotovljenog betona, u prilog čemu govori godišnja svjetska proizvodnja od 25 milijuna m². [1] U Hrvatskoj se ovaj građevinski smatra inovativnim te su u sklopu rada iznijeta svojstva proizvoda kako bi ga se približilo osobama građevinske struke.

Pojedinosti vezane uz oblikovanje ploča, mogućnosti u proizvodnji ovisno o primijenjenoj tehnologiji te zahtjevana svojstva gradiva koja se u njih ugrađuju iznijeti su u radu. Naglasak je stavljen na svojstva prednapetih šupljih ploča trenutno jedinog proizvođača u Hrvatskoj – poduzeća «Vibrobeton, Vinkovci».

LITERATURA

- [1] D. Aničić, I. Netinger, Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2004.
- [2] J. Beerbower, K. Boyle, J. Butler, L. Collavino, E. J. Gregory, P. Hynes, P. Kourajian, E. Markle, J. Markle, M. J. Nimmer, W. C. Richardson, K. Rosenstern, W. Schrooten, L. Stigler, PCI manual for the design of hollow core slabs, Prestressed concrete institut, Chicago, 1998.
- [3] HRN ENV 1992-1-1, 3:2004, Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija
- [4] HRN EN 1168:2004, Stropovi od predgotovljenih prednapetih šupljih ploča

PRESTRESSED HOLLOW CORE SLABS BY PRODUCER «VIBROBETON, VINKOVCI»

Summary: This paper presents pre-stressed hollow slabs as an innovative construction product. Common requests appointed to this prefabricated element are stated, as well as requests appointed to build in components. Production procedures are described in dependence of available technology. Common properties of these elements are presented with emphasis on the properties of pre-stressed hollow slabs of currently only producer in Croatia – company Vibrobeton d.d., Vinkovci.

Key words: prestressed concrete, capacity, rigidity, floor structure, precast element, hollow core slab.

METODA PARCIJALNIH KOEFICIJENATA

Aleksandar Pakvor¹

UDK:624.04:006.3

Rezime: *Evrokod EC0: Osnove proračuna konstrukcija, zasniva se na koncepciji graničnih stanja, koja se primenjuje zajedno sa metodom parcijalnih koeficijenata. Neophodno je da bude napravljena razlika između parcijalnih koeficijenata za dejstva i parcijalnih koeficijenata za materijale. Važeći propisi u našoj zemlji BAB 87, zasnivaju se također na koncepciji graničnih stanja. Uvedeni su parcijalni koeficijenti za dejstva, ali ne i parcijalni koeficijenti za materijale.*

Ključne reči: *Granična stanja, metoda parcijalnih koeficijenata, parcijalni koeficijenti*

1. EVROKODOVI ZA KONSTRUKCIJE

Zemlje članice **Evropskog komiteta za standardizaciju**, u koje spadaju sve zemlje Evropske unije i neke od zemalja Evropskog udruženja za slobodnu trgovinu, donele su sudbonosnu odluku da zajednički izrađeni **Evrokodovi za konstrukcije**, budu obavezni za primenu u tim zemljama. Radi ostvarenja ovih ciljeva, čak su i vodeće evropske zemlje u ovoj oblasti, prihvatile da svoje tehničke propise, koji su tradicionalno bili izuzetno cenjeni i predstavljali poseban pojam u regulativi i van svojih granica, zamene za zajednički usvojene Evrokodove.

Uvođenje Evrokodova za konstrukcije u zemljama članicama Evropskog komiteta za standardizaciju, bilo je veoma kompleksno. Proces usaglašavanja bio je temeljan i dugogodišnji. U prvoj fazi, bili su pripremljeni i doneti predstandardi, koji su, paralelno sa nacionalnim tehničkim propisima, bili, nekoliko godina, u probnoj primeni. Druga faza, koja još nije potpuno završena, predstavlja donošenje finalne verzije standarda, koji, konačno, u potpunosti treba da zamene nacionalnu regulativu.

Svaki od deset Evrokodova za konstrukcije sadrži više posebnih delova, pa je ceo komplet, u kojem je detaljno razrađena celokupna problematika, veoma obiman, obuhvatajući ukupno 58 delova. U **Nacionalnim aneksima**, mogu, u preporučenim granicama, bliže da budu definisani samo oni parametri, koji su specifični za svaku zemlju. U odgovarajućem Evrokodu, oni su, kao takvi, posebno navedeni.

Osnove proračuna konstrukcija, prikazane u Evrokodu EC0, odnose se na principijelan pristup proračunu konstrukcija zgrada i drugih građevinskih objekata. Zajedničke su za sve konstrukcije, nezavisno od vrste konstrukcijskog materijala, ili tipa konstrukcije, kao i od vrste objekta za koji se projektuju, ili načina izvođenja.

¹ Aleksandar Pakvor, dr, dipl.inž.građ., redovni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, u penziji, adresa: 11070 Novi Beograd, Nehrouva 105, telefon 011 317 63 92

Unifikacijom proračuna svih konstrukcija, pored primene istih principa i metoda, obezbeđuje se i korišćenje iste terminologije i oznaka.

Na osnovu odredbi Evrokoda EC0, u posebnim Evrokodovima, razrađeni su proračuni konstrukcija od različitih materijala: betonskih u EC2, čeličnih u EC3, spregnutih u EC4, drvenih u EC5, zidanih u EC6 i aluminijumskih u EC9. Za konkretne proračune konstrukcija u praksi, prema izabranom konstrukcijskom materijalu, primenjuje se odgovarajući Evrokod. Pri tome, dejstva na konstrukcije definisana su u EC1, geotehnički proračun u EC7, a seizmička otpornost u EC8.

U odnosu na važeće **pravilnike i standarde za proračun konstrukcija u našoj zemlji**, Evrokodovi predstavljaju veliki napredak, posebno uvođenjem savremenih naučnih dostignuća, svođenjem proračuna konstrukcija od različitih materijala na iste principijelne pristupe i metode, kao i njihovom kompletnošću i sveobuhvatnošću relevantnih parametara.

Odavno je postalo jasno, da naša zemlja, u problematici projektovanja i izvođenja konstrukcija, treba svoje pravilnike i standarde da usaglasi sa evropskom tehničkom regulativom. Dugogodišnji ogroman trud, koji su vrhunski naučnici i eksperti većine evropskih zemalja posvetili radu na stvaranju Evrokodova za konstrukcije, odnosno jedinstvenog sistema usklađenih evropskih normi i standarda za projektovanje i građenje konstrukcija, usmerio je opredeljenje naše naučne i stručne javnosti u tom pravcu.

Očigledno je, dakle, da i naša zemlja treba što pre da uvede Evrokodove za konstrukcije. Bez obzira što naša zemlja još nije ostvarila želju da postane član Evropske unije, kada bi usvajanje Evrokodova za konstrukcije bilo obavezno, ono je bitno za svako konkurisanje na međunarodnom tržištu projektovanja i građenja objekata.

Uvođenje Evrokodova za konstrukcije u našoj zemlji, priprema i donošenje pratećeg **Nacionalnog aneksa** i usaglašavanje odgovarajućih **standarda**, veoma je značajan, kompleksan i odgovoran zadatak našeg građevinarstva u bliskoj budućnosti.

2. OSNOVE PRORAČUNA KONSTRUKCIJA

U Evrokodu EC0: **Osnove proračuna konstrukcija**, utvrđeni su principi i zahtevi za **sigurnost, upotrebljivost i trajnost** svih konstrukcija. Postupci proračunskih dokaza baziraju na analizi graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja upotrebljivosti, koja moraju da budu posebno tretirana. U izuzetnim slučajevima, može se pokazati da je proračunskim dokazom jednog graničnog stanja, dokazano i drugo.

Granična stanja nosivosti, odnose se na obezbeđenje sigurnosti ljudi i konstrukcije, a, u izvesnim okolnostima, i na zaštitu sadržaja objekta. Ona obuhvataju gubitak ravnoteže konstrukcije kao krutog tela, lom usled prevelike deformacije, transformaciju u mehanizam, prelom, gubitak stabilnosti, kao i lom usled zamora, ili drugih uticaja, zavisnih od vremena. Stanja, koja prethode rušenju konstrukcije, mogu da budu tretirana kao granična stanja nosivosti.

Granična stanja upotrebljivosti, odnose se na obezbeđenje funkcionalnosti konstrukcije i nekonstrukcijskih elemenata objekta. Preko njih, obezbeđuje se neometan rad mašina, funkcionisanje celokupne opreme objekta i komfor ljudi pri predviđenoj eksploataciji. Granična stanja upotrebljivosti, bazirana su na kriterijumima ograničenja deformacija, vibracija i oštećenja. Odnose se i na ograničenje napona i širine prslina, kao i na obezbeđenje trajnosti i estetike građevinskog objekta. Mogu da budu povratna i nepovratna.

Trajnost konstrukcije mora da bude takva, da njena degradacija, posle isteka eksploatacionog veka, ne smanji nivo ponašanja konstrukcije ispod određene mere. Ona zavisi od predviđene namene objekta, izabranog konstrukcijskog sistema, zahtevanih proračunskih kriterijuma, izabranih materijala i proizvoda, uslova sredine i svojstava tla, kao i oblika i konstruisanja elemenata. Zavisi i od kvaliteta izrade, nivoa kontrole, zaštitnih mera i održavanja konstrukcije.

Kao osnovna metoda proračuna konstrukcija, primenjuje se **metoda parcijalnih koeficijenata**. Razmatraju se stalne, prolazne situacije, obuhvatajući sva dejstva na konstrukcije, u toku izvođenja i eksploatacionog veka. Za pojedine proračunske dokaze, razmatraju se odabrane proračunske situacije i slučajevi opterećenja, kojima odgovaraju kompatibilne dispozicije opterećenja i skupovi deformacija i imperfekcija, uključujući i moguća odstupanja položaja dejstava.

Dejstva, prema promenljivosti u toku vremena, klasifikuju se kao stalna, promenljiva i incidentna. Prema poreklu, ona mogu biti direktna i indirektna, prema promeni u prostoru, nepokretna i slobodna, a prema prirodi, statička i dinamička. Dejstva treba da budu predstavljena preko **modela**, čiji je intenzitet, za obične slučajeve, dat jednim skalarem, sa, eventualno, više reprezentativnih vrednosti.

Karakteristična vrednost dejstva, njegova je glavna **reprezentativna vrednost**. Ona odgovara srednjoj, gornjoj ili donjoj statističkoj, ili, pak, nominalnoj vrednosti. U ostale reprezentativne vrednosti promenljivih dejstava spadaju: vrednost za kombinacije, redukovana sa koeficijentom ψ_0 , česta vrednost, redukovana sa ψ_1 , kao i kvazi-stalna vrednost, redukovana sa ψ_2 .

Dinamička dejstva, uzimaju se u obzir implicitno, preko karakterističnih opterećenja, ili eksplicitno, povećanjem statičkih opterećenja **dinamičkim koeficijentom**. Kada dinamička dejstva izazivaju značajno ubrzanje konstrukcije, treba da bude primenjena **dinamička analiza** sistema.

Modeli konstrukcija, za analizu graničnih stanja, treba da budu pogodni za predviđanje ponašanja konstrukcija, sa prihvatljivom tačnošću. Moraju biti bazirani na priznatoj inženjerskoj teoriji i praksi, a po potrebi i eksperimentalno potvrđeni.

Uvedena je mogućnost **upravljanja pouzdanošću** konstrukcije. Nivoi pouzdanosti, mogu da budu opisani preko klasifikacije konstrukcije ili njenih komponenta.

Konstrukcije objekata moraju da budu **proračunate** i **izvedene** tako, da, u toku izvođenja i predviđenog eksploatacionog veka, sa odgovarajućim nivoima pouzdanosti i ekonomično, mogu da prihvate sva dejstva i uticaje, kao i da budu podobne za predviđenu upotrebu. Mora se obezbediti, da konstrukcije poseduju adekvatnu nosivost, upotrebljivost i trajnost. U slučaju požara, adekvatna nosivost konstrukcije, mora se obezbediti u toku zahtevanog perioda vremena. Posle eksplozija, udara i sličnih događaja, ili posledica ljudskih grešaka, konstrukcija ne sme da bude oštećena do stepena, koji nije proporcionalan sa osnovnim uzrokom.

3. METODA PARCIJALNIH KOEFICIJENATA

U **metodi parcijalnih koeficijenata**, mora da bude proračunski dokazano da, za sve relevantne proračunske situacije, ni jedno granično stanje nije prekoračeno, kada se, u proračunskim modelima, koriste proračunske vrednosti dejstava, uticaja od dejstava i nosivosti. **Proračunske vrednosti**, dobijaju se iz karakterističnih i reprezentativnih vrednosti, ili se određuju direktno, na strani sigurnosti.

Proračunske vrednosti dejstava, određuju se množenjem reprezentativnih vrednosti sa parcijalnim koeficijentom za dejstva γ_f . Preko **parcijalnog koeficijenta za dejstva** γ_f , uzima se u obzir nepouzdanost reprezentativnih vrednosti dejstava.

Proračunske vrednosti uticaja od dejstava, određuju se množenjem funkcije, zavisne od proračunskih vrednosti dejstava i geometrijskih podataka, sa parcijalnim koeficijentom γ_{sd} . Preko **parcijalnog koeficijenta** γ_{sd} , pokrivaju se nepouzdanosti u modeliranju uticaja od dejstava, ili, eventualno, samih dejstava. Pri potrebi pravljenja razlike između povoljnih i nepovoljnih stalnih dejstava, primenjuju se dva različita parcijalna koeficijenta.

U većini slučajeva, može se uvesti **uprošćenje**, kojim se, proračunske vrednosti uticaja od dejstava, određuju direktno iz funkcije, zavisne od proizvoda parcijalnih koeficijenata γ_{sd} i proračunskih vrednosti dejstava, kao i geometrijskih podataka. Time se, ustvari, proizvod parcijalnih koeficijenata γ_f i γ_{sd} , zamenjuje sa parcijalnim koeficijentima za dejstva γ_f . Pri potrebi pravljenja razlike između povoljnih i nepovoljnih stalnih dejstava, primenjuju se dva različita parcijalna koeficijenta.

Proračunske vrednosti svojstava materijala ili proizvoda, određuju se deljenjem karakterističnih vrednosti sa parcijalnim koeficijentom za svojstva materijala ili proizvoda γ_m , uz redukciju sa srednjom vrednošću koeficijenta konverzije η . Mogu da budu određene i empirijskim vezama, uz korišćenje merenih fizičkih svojstava, ili hemijskog sastava, kao i na osnovu iskustva. Preko **parcijalnog koeficijenta za svojstva materijala ili proizvoda** γ_m , uzima se u obzir nepouzdanost tih svojstava.

Proračunske nosivosti, određuju se deljenjem funkcije, zavisne od proračunskih vrednosti svojstava materijala i geometrijskih podataka, sa parcijalnim koeficijentom γ_{rd} . Preko **parcijalnog koeficijenta** γ_{rd} , uzimaju se u obzir nepouzdanost modela nosivosti i neuvedena geometrijska odstupanja.

Može se uvesti **uprošćenje**, kojim se, proračunske nosivosti, određuju direktno iz funkcije, zavisne od količnika proračunskih vrednosti svojstava materijala i parcijalnih koeficijenata γ_{Rd} , kao i proračunskih vrednosti geometrijskih podataka. Time se, ustvari, proizvod parcijalnih koeficijenata γ_m i γ_{Rd} , zamenjuje sa parcijalnim koeficijentima za svojstva materijala ili proizvoda γ_M . Alternativno, proračunske nosivosti, mogu se odrediti i neposredno, deljenjem karakteristične vrednosti nosivosti, sa parcijalnim koeficijentom za svojstva materijala ili proizvoda γ_M .

Kada su relevantna, proračunski moraju biti dokazana sledeća **granična stanja nosivosti**:

- **EQU**: gubitak **statičke ravnoteže** konstrukcije, ili njenog dela, razmatranih kao kruto telo,
- **STR**: unutrašnji **lom**, ili **prevelika deformacija** konstrukcije, ili njenih elemenata,
- **GEO**: **lom**, ili **prevelika deformacija tla**,
- **FAT**: **lom** usled **zamora** konstrukcije, ili njenih elemenata.

Za granično stanje statičke ravnoteže **EQU**, mora se dokazati da proračunska vrednost uticaja od **destabilizujućih**, nije veća nego od **stabilizujućih** dejstava, a loma **STR**, ili **GEO**, da proračunska vrednost **uticaja od dejstava**, nije veća nego od **nosivosti**. Granična stanja izvijanja i zamora **FAT** tretirana su u odgovarajućim Evrokodovima..

Svaka **kombinacija dejstava**, treba da obuhvati dominantno promenljivo, ili incidentno dejstvo. Kada je proračunski dokaz osetljiv na variranje intenziteta stalnog dejstva, povoljni i nepovoljni delovi tog dejstva, moraju se razmatrati posebno.

Za **granična stanja upotrebljivosti** konstrukcije, mora se proračunski dokazati da proračunska vrednost uticaja od dejstava, nije veća od granične proračunske vrednosti relevantnog kriterijuma upotrebljivosti. **Kriterijumi upotrebljivosti**, odnose se na granične vrednosti deformacija, zavisne od vrste građevinskog objekta, ali i na ograničavanje širine prslina, napona ili dilatacija, vibracija i druge specifičnosti.

Za **proračunske dokaze** graničnih stanja upotrebljivosti, za relevantne proračunske situacije, razlikuju se karakteristična, česta i kvazi-stalna kombinacija dejstava.

4. PRAVILNIK BAB 87

Još od 1987. godine, kada je, u našoj zemlji, stupio na snagu **Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton BAB 87**, proračun betonskih konstrukcija sprovodi se prema **graničnim stanjima nosivosti i upotrebljivosti**. Uvođenje u našu građevinsku praksu proračuna prema graničnim stanjima, kao obaveznog, predstavljalo je, u to vreme, praćenje aktuelnog razvoja nauke i struke u svetu i usklađivanje naše tehničke regulative sa svetskim trendovima.

Tim Pravilnikom uvedeni su i takozvani „**parcijalni koeficijenti sigurnosti**“, zavisni od vrste i kombinacije opterećenja, kao i dilatacije u armaturi. Međutim, parcijalni

koeficijenti za svojstva materijala nisu uvedeni, nego se smatralo da su oni implicitno uključeni u uvedene „parcijalne koeficijente sigurnosti“. Prema tome, uvedeni „parcijalni koeficijenti sigurnosti“ nisu jasno definisani i imaju **globalan karakter**.

Pošto se u Evrokodu, parcijalni koeficijenti za dejstva i parcijalni koeficijenti za svojstva materijala različito uvode u proračun, svako njihovo svođenje na isti imenitelj, predstavlja unošenje nejasnoća u njihovo definisanje i načine propisivanja racionalnih vrednosti. Neophodno je voditi računa o suštinskoj razlici između „parcijalnih koeficijenata sigurnosti“, uvedenih u Pravilnik BAB 87, i parcijalnih koeficijenata iz Evrokodova, posebno, što se i jedni i drugi nazivaju „parcijalni“.

Otklanjanje ove dileme, zanemarljiv je doprinos opredeljenju naše naučne i stručne javnosti za **uvodenje Evrokodova u našoj zemlji**. Uvođenje Evrokodova, pored usklađivanja naših pravilnika i standarda sa evropskom tehničkom regulativom, predstavlja praćenje naučnih dostignuća i vrhunskih praktičnih iskustava iz oblasti građevinarstva u svetu. Svi smo danas svedoci pojave sve većeg broja grandioznih i fascinantnih objekata širom naše planete, koji predstavljaju doskora nezamisliva ostvarenja. Nove generacije građevinske struke nalaze se, stvarno, pred ogromnim izazovima.

LITERATURA

[1]Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2006

[2]Beton i armirani beton prema BAB 87, Univerzitet u Beogradu, 2000

PARTIAL FACTOR METHOD

Summary: *Eurocode EC0: Basis of structural design is based on the limit state concept used in conjunction with a partial factor method. A distinction shall be made between partial factors for actions and partial factors for materials. Actual codes in our country BAB 87 are based on the limit state concept, too. Partial factors for actions are introduced, but not also the partial factors for materials.*

Key words: *Limit states, partial factor method, partial factors*

EVROKODOVI ZA KONSTRUKCIJE I NAŠE GRAĐEVINARSTVO

Života Perišić¹
Aćić Mirko²

UDK: 006.3

Rezime: Prikazan je istorijat, ciljevi, i sadašnje stanje izrade Evrokodova za konstrukcije. Jugoslovenski građevinski konstrukteri su se pre više od jedne decenije opredelili da usvoje Evropske standarde za građevinarstvo kao svoje nacionalne standarde. Izloženo je šta je učinjeno na uvođenju Evrokodova u fazi predstandarda u našu teoriju i praksu, i šta se predviđa posle konverzije Evrokodova u obavezne Evropske standarde. Seminar 2006. o usvajanju Evrokodova, na kojem je predstavljeno prvih pet delova Evrokodova koji su prevedeni na srpski jezik, bio je samo prvi korak u realizaciji tog Projekta koji je dugoročan, veoma ozbiljan zadatak pred našim građevinarstvom ako želimo da se vratimo na pozicije koje smo ranije zauzimali.

Ključne reči: Evrokodovi za konstrukcije, Evropski standardi, nacionalni parametri, Nacionalni aneks.

1. UVOD

Građevinski konstrukteri Jugoslavije su još na Prvom Jugoslovenskom savetovanju o uvođenju Evrokodova za konstrukcije u naše građevinarstvo, koje je održano pre više od jedne decenije, 1995. godine u Beogradu, doneli odluku da preduzmu mere da se Evrokodovi, u perspektivi, usvoje kao naši budući nacionalni standardi. Bila je to dalekovidna i smela odluka jer je u to vreme naša zemlja bila pod sankcijama, nismo bili članovi Evropskog komiteta za standardizaciju CEN-a, kojem je Komisija Evropske Zajednice poverila izradu Evrokodova, a i u Evropi je tek počela realizacija programa Evrokodova za konstrukcije kao Evropskih predstandarda.

Posle čitave decenije u kojoj smo nastojali da pratimo uvođenje Evrokodova kao predstandarda u evropsko graditeljstvo, organizovanjem Seminara o Evrokodovima za konstrukcije, koji je održan početkom marta 2006. godine u Beogradu, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i Jugoslovensko društvo građevinskih konstruktera JDGK nastavili su svoju dugogodišnju aktivnost na harmonizaciji tehničke regulative Srbije i Crne Gore sa Evrokodovima i Evropskim standardima u oblasti građevinarstva. Seminar je održan u sklopu Projekta usvajanja Evropskih standarda u građevinarstvu kao naših nacionalnih standarda, uz podršku Fonda za Evropske integracije Evropske

¹ Prof. dr ŽIVOTA PERIŠIĆ, dipl.građ.inž., Redovni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u penziji.

² Prof. dr MIRKO AĆIĆ, dipl.građ.inž., redovni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u penziji

agencije za rekonstrukciju **EAR** i velikog broja naših najznačajnijih građevinskih firmi i institucija, a ponovljen je u sledeće tri nedelje u Novom Sadu, Nišu i Podgorici. Seminar je bio prvi korak u ovoj, novoj fazi tog Projekta, posle odluke EU da započne konverziju Evrokodova iz faze neobaveznih predstandarda u obavezne Evropske standarde. Cilj je bio da se najširi krug naših graditelja upozna sa Evropskim standardima u oblasti građevinarstva, da im se stave na raspolaganje prevodi na srpski jezik najvažnijih do sada objavljenih delova Evrokodova za konstrukcije i da se ukaže na osnovne razlike u odnosu na ranije Evropske predstandarde i na naše važeće pravilnike i standarde u ovoj oblasti.

2. ISTORIJAT PROGRAMA EVROKODOVA ZA KONSTRUKCIJE

Ideja da se izrade jedinstveni modeli standarda koje bi sve zemlje koristile kao osnovu za svoje nacionalne standarde za projektovanje i građenje svih vrsta konstrukcija od različitih materijala, pojavila se još sedamdesetih godina prošlog veka. Zasluge za te početne korake u pravcu internacionalne graditeljske standardizacije pripadaju najznačajnijim međunarodnim naučnim i stručnim organizacijama iz oblasti građevinskog konstrukterstva, među kojima su vodeće bile: Međunarodno udruženje za mostove i konstrukcije **IABSE** (*International Association for Bridge and Structural Engineering*), Euro-međunarodni komitet za beton **CEB** (*Euro-International Committee for Concrete*), Međunarodno društvo za prethodno naprezanje **FIP** (*Fédération Internationale de la Précontrainte*), Evropska konvencija za čelične konstrukcije **ECCS** (*European Convention for Constructional Steelworks*) i Međunarodni savez laboratorija za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija **RILEM** (*International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures*). Sve te organizacije formirane su ubrzo posle Drugog svetskog rata i tadašnja Jugoslavija bila je među njihovim osnivačima i aktivnim članovima. I danas su to najjače svetske organizacije u ovoj oblasti. Jedino je nedavno došlo do spajanja CEB-a i FIP-a u jedinstvenu organizaciju: Međunarodnu federaciju za beton **fib** (*Fédération internationale du béton - International Federation for Structural Concrete*).

Ove organizacije su obrazovale Zajednički komitet za sigurnost konstrukcija, koji je narednih godina objavio veći broj studija i dokumenata koji su imali za cilj približavanje propisa vodećih evropskih zemalja u oblasti građevinarstva. Najznačajniji od tih dokumenata bili su: **Jedinstvena opšta pravila za različite vrste konstrukcija i materijala** i poznati **Model propisa CEB-FIP za armiranobetonke i prethodno napregnute konstrukcije** (*Model Code CEB-FIP*) iz 1978. godine. Već sledeće godine te dokumente preveli su na naš jezik i objavili nastavnici i saradnici Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Danas, iz ove perspektive, možemo da konstatujemo da tom pionirskom poslu treba da zahvalimo što su naši potonji pravilnici za betonske konstrukcije tako rano prihvatili filozofiju graničnih stanja i savremene koncepte sigurnosti konstrukcija.

Krajem sedamdesetih godina Komisija Evropske Zajednice inicirala je rad na budućim zajedničkim Evropskim standardima za građevinarstvo, koji su ubrzo dobili naziv **Evrokodovi za konstrukcije** (*Structural Eurocodes*), sa ciljem da oni, u perspektivi, zamene nacionalne propise u zemljama članicama. Tom programu su se, nešto kasnije, pridružile i zemlje Evropskog udruženja za slobodnu trgovinu **EFTA-e**. U

suštini, osnovni cilj bio je i ekonomski i politički: da zemlje Ujedinjene Evrope očuvaju primat, ili bar ostanu konkurentne, na svetskom tržištu građevinske industrije, da se uklone tehničke barijere za trgovinu van nacionalnih granica i uspostavi Evropsko unutrašnje tržište, koje treba da omogući nesmetano, slobodno kretanje materijala, usluga, ljudi i kapitala. Ta inicijativa je u Evropi dobila zakonske osnove usvajanjem niza odluka i Direktiva Evropske Komisije, od kojih je najznačajnija **Direktiva o proizvodima za građenje CPD** (*Construction Products Directive*) 89/106/EEC iz decembra 1988. godine, kojom su vrlo detaljno precizirani zahtevi koje konstrukcije moraju da ispune da bi bile podobne za upotrebu.

Krajem 1989. godine Komisija EU je dalji rad na izradi i implementaciji Evrokodova za konstrukcije poverila Evropskom komitetu za standardizaciju CEN-u. U maju sledeće, 1990. godine, CEN je formirao poseban Tehnički komitet **CEN/TC 250** koji je dobio mandat da izradi, objavi i da se stara o daljoj implementaciji Evrokodova.

Prva faza tog posla završena je u poslednjoj deceniji prošlog veka. Prema pravilima CEN-a, svi evropski standardi u prvoj fazi imaju status neobaveznih Evropskih predstandarda **ENV**, ali su sve zemlje članice obavezne da ih prevedu na svoj jezik i omoguće njihovu probnu primenu u svojoj zemlji. Tako su i Evrokodovi, budući da su stavljanjem pod okrilje CEN-a dobili status Evropskih standarda, prvo objavljeni kao Evropski predstandardi **ENV** (*European Prestandards*). Program Evrokodova za konstrukcije tada je obuhvatao 9 Evrokodova za posebne oblasti (za osnove proračuna, za opterećenja i za građevinske konstrukcije od različitih materijala). Evrokodovi su imali ukupno 56 posebnih delova a oslanjali su se na veliki broj pratećih standarda za materijale i proizvode koji se koriste u građevinarstvu. Za jedan, dosta veliki broj parametara i pojedina pravila za proračun, nisu mogle da se utvrde vrednosti i postupci koji bi bili prihvatljivi za većinu članica, pa su oni ostavljeni kao takozvane "uokvirene" vrednosti (*box values*) a svaka zemlja je bila obavezna da te vrednosti utvrdi za primenu u svojoj zemlji i objavi u svom Nacionalnom dokumentu za primenu **Evrokoda NAD** (*National Application Document*).

3. EVROKODOVI ZA KONSTRUKCIJE I NAŠE GRAĐEVINSKO KONSTRUKTERSTVO

Naši građevinari su, uprkos okolnostima kojima smo u to vreme bili, nastojali da prate taj iskorak Evrope u osavremenjivanju i harmonizaciji standarda za građevinarstvo. Bilo nam je još tada jasno da tako treba da učinimo ne samo zato što želimo da se u građevinarstvo Evrope ponovo vratimo na mesto za koje smatramo da nam pripada, već i zato što su ti budući Evropski standardi bili zasnovani na savremenim dostignućima teorije i prakse projektovanja i građenja u najrazvijenijim zemljama Evrope i sveta. Očigledno je bilo da je to jasan, dugoročni naučni, stručni i ekonomski interes našeg građevinarstva, a imali smo tradicije, ostvarenja i tehnološki i kadrovski potencijal koji nam je omogućavao da održimo korak sa evropskim građevinarstvom.

Za Prvo Jugoslovensko savetovanje o usvajanju Evrokodova, 1995. godine, prevedeni su i objavljeni osnovni delovi Evrokoda 2: Proračun betonskih konstrukcija i Evrokoda 3: Proračun čeličnih konstrukcija, zajedno sa Evropskim predstandardom za

beton ENV 206 i odgovarajućim nacionalnim dokumentima za primenu ta dva Evrokoda u najznačajnijim zemljama Evrope.

Za Drugo Jugoslovensko savetovanje, 1997. godine, pripremljeni su prevodi osnovnih delova ostalih 6 Evrokodova i pokrenuta je, i u sledećim godinama stalno dopunjavana, Biblioteka: **Evrokodovi za konstrukcije i jugoslovenski pravilnici i standardi u oblasti građevinskog konstrukterstva**, koja danas ima ukupno 44 toma, na blizu 12.000 stranica. Njen najveći deo čine Evrokodovi u fazi predstandarda, koji će uskoro biti zamenjeni novim standardima, ali je njena dragocena vrednost u tome što sadrži Zbirku svih jugoslovenskih pravilnika i standarda u oblasti građevinarstva, u 15 tomova, na više od 6.000 stranica, od kojih najveći broj treba da promenimo i usaglasimo, ili zamenimo sa Evropskim standardima.

Jedan od značajnih rezultata tih napora je da su danas naši graditelji u dobroj meri upoznati sa savremenim iskustvima i tendencijama u evropskom građevinarstvu, da su se već oprobali u primeni Evrokodova i da su nova teorijska i praktična saznanja, kroz Evrokodove za konstrukcije, dobrim delom već ušla u nastavu na našim fakultetima. Značajno je i zapaziti da je prema Evrokodovima za konstrukcije, u toj fazi predstandarda, u Evropi delimično ili u celini projektovan i izgrađen veći broj značajnih objekata, posebno onih koje su gradili konzorcijumi velikih evropskih građevinskih firmi.

4. KONVERZIJA EVROKODOVA ZA KONSTRUKCIJE IZ PREDSTANDARDA U EVROPSKE STANDARDE

Početak ovog veka, posle skoro desetak godina od usvajanja prvih Evrokodova kao predstandarda, EU je odlučila da na osnovu primedbi i predloga, i dosadašnjih iskustava u primeni, otpočne proces konverzije Evrokodova za konstrukcije iz faze predstandarda ENV u Evropske standarde EN.

U odnosu na program Evrokodova u fazi predstandarda, izdvojen je samo jedan novi Evrokod: Osnove proračuna konstrukcija, koji je dobio oznaku Evrokod 0, tako da će sada biti 10 Evrokodova, sa ukupno 58 posebnih delova, na oko 8.000 stranica:

EN 1990 Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija	delova	1
EN 1991 Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije		10
EN 1992 Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija		4
EN 1993 Evrokod 3: Proračun čeličnih konstrukcija		20
EN 1994 Evrokod 4: Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona		3
EN 1995 Evrokod 5: Proračun drvenih konstrukcija		3
EN 1996 Evrokod 6: Proračun zidanih konstrukcija		4
EN 1997 Evrokod 7: Geotehnički proračun		2
EN 1998 Evrokod 8: Proračunske odredbe za seizmičku otpornost konstrukcija		6
EN 1999 Evrokod 9: Proračun konstrukcija od aluminijuma		5
<hr/>		
Ukupno		58

Osim Evrokodova, za zgrade i druge građevinske objekte predviđa se blizu 500 drugih Evropskih standarda, od kojih se jedan broj direktno odnosi na primenu Evrokodova za konstrukcije a ostali će biti neophodni inženjerima svih ostalih struka koji se bave projektovanjem, građenjem i proizvodnjom građevinskih materijala i proizvoda za građenje i održavanje građevinskih objekata. Treba imati u vidu da CEN pokriva ukupno 17 proizvodnih grana odnosno oblasti, od kojih je jedna građevinarstvo (*Construction*), a da samo za građevinarstvo ima 51 poseban Tehnički komitet, od kojih je svakako najveći CEN/TC 250 za Evrokodove za konstrukcije.

Broj Evrokodova i broj njihovih delova nije se značajnije promenio u odnosu na predstandarde ali je u mnogim delovima sadržaj radikalno izmenjen, što je i logično, jer su uzete u obzir sve pozitivne i negativne kritike, rezultati uporednih analiza i iskustva u projektovanju i primeni, kao i opšti napredak teorije i struke u prethodnoj deceniji. Zadržana je dosadašnja forma da se odredbe dele na **principe** i na **pravila za primenu**. Prvi su generalni stavovi i definicije za koje nema alternative, ili zahtevi i analitički modeli za koje alternative nisu dopuštene, ukoliko nije drugačije određeno, a drugi, generalno prihvaćena pravila koja su u saglasnosti sa principima i zadovoljavaju njihove zahteve.

Sav taj ogroman posao, prema planovima CEN-a, treba da bude završen do kraja 2006. godine, osim nekoliko delova Evrokoda 9 za konstrukcije od aluminijuma, koji će biti završeni početkom 2007. godine. Detaljni podaci o stanju izrade Evrokodova za konstrukcije i ostalih pratećih Evropskih standarda za građevinarstvo, u okviru programa koji je stavljen u zadatak CEN-u, može se naći na internetu, na web-sajtu CEN-a: <http://www.cenorm.be/cenorm/index.htm>, oblast *Business domains/All domains by subject/Construction*.

Radi uvida u obim materijala koji obuhvataju Evrokodovi, i stanje njihove izrade, u daljem tekstu prikazaće se stanje na dan 21. aprila 2006. godine. Do tada su objavljena ukupno 32 dela Evrokodova a još 12 je prošlo kroz formalno glasanje zemalja članica i sada je u postupku ratifikacije i tehničkih priprema za objavljivanje. Do sada su objavljeni:

EN 1990 Evrokod 0

EN 1991 Evrokod 1:

- Deo 1-1: Opšta dejstva – Zapreminske mase, sopstvene težine i stalna opterećenja za zgrade**
- Deo 1-2: Opšta dejstva – Dejstva na konstrukcije izložene požaru**
- Deo 1-3: Opšta dejstva – Opterećenja od snega**
- Deo 1-4: Opšta dejstva – Opterećenja od vetra**
- Deo 1-5: Opšta dejstva – Termička dejstva**
- Deo 1-6: Opšta dejstva – Dejstva u toku izvođenja**
- Deo 2: Saobraćajna opterećenja na mostovima**

EN 1992 Evrokod 2:

- Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade**
- Deo 1-2: Opšta pravila – Proračun konstrukcija za dejstvo požara**
- Deo 2: Betonski mostovi – Proračun i pravila za konstrukcijske detalje**

EN 1993 Evrokod 3:

- Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade**
- Deo 1-2: Opšta pravila – Proračun konstrukcija za dejstvo požara**
- Deo 1-8: Proračun veza**
- Deo 1-9: Zamor**
- Deo 1-10: Žilavost materijala i svojstva po debljini**

EN 1994 Evrokod 4:

- Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade**

- Deo 1-2: Opšta pravila – Proračun konstrukcija za dejstvo požara
- Deo 2: Opšta pravila i pravila za mostove
- EN 1995 Evrokod 5:
 - Deo 1-1: Opšta pravila – Uobičajena pravila i pravila za zgrade potporni zidovi i geotehnički aspekti
 - Deo 1-2: Opšta pravila – Proračun konstrukcija za dejstvo požara
 - Deo 2: Mostovi
- EN 1996 Evrokod 6:
 - Deo 1-1: Opšta pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije
 - Deo 1-2: Opšta pravila – Proračun konstrukcija za dejstvo požara
 - Deo 2: Proračunske pretpostavke, izbor materijala i izvođenje
 - Deo 3: Uprošćeni proračunski postupci za nearmirane zidane konstrukcije
- EN 1997 Evrokod 7:
 - Deo 1: Opšta pravila
- EN 1998 Evrokod 8:
 - Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade
 - Deo 2: Mostovi
 - Deo 3: Utvrđivanje stanja i sanacija zgrada
 - Deo 5: Temelji,
 - Deo 6: Tornjevi, jarboli i dimnjaci.

Što se tiče Evropskih standarda, do 21. aprila ove godine CEN je usvojio 294 harmonizovana standarda za oblast građevinarstva a ostali su u različitim fazama pripreme. Spisak standarda može isto da se vidi na navedenom web-sajtu CEN-a.

5. USVAJANJE EVROKODOVA I EVROPSKIH STANDARDA KAO NACIONALNIH STANDARDA

Prema pravilima CEN-a, zemlje članice obavezne su da svaki Evropski standard u roku od godinu dana od usvajanja prevedu na svoj jezik, bez ikakvih izmena i dopuna, ili da ga usvoje kao svoj nacionalni standard na jednom od zvaničnih jezika CEN-a (engleski, francuski, nemački) i da omoguće korisnicima da ga primenjuju u svojoj zemlji. Ovaj poslednji zahtev u suštini znači da Nacionalna tela za standardizaciju treba da iz sopstvene tehničke regulative uklone ili prilagode sve zakonske i druge odredbe koje bi ometale ili ograničavale primenu novih Evropskih standarda.

S druge strane, prema odlukama EU, zemlje članice su ostale odgovorne da obezbede uobičajeni stepen sigurnosti konstrukcija i da odredbe Evrokodova prilagode, gde je to potrebno, svojim geografskim, klimatskim i tradicionalnim uslovima i okolnostima.

Da bi se to omogućilo, u Evrokodovima su za takve parametre, u posebnim napomenama uz odgovarajuće odredbe, preporučene vrednosti ili postupak koji se smatra generalno prihvatljivim, ali je ostavljena mogućnost da takve parametre svaka zemlja konačno utvrdi prema svojim konkretnim uslovima i potrebama, u odredbama gde je to izričito dopušteno. Takvi parametri dobili su naziv Nacionalno određeni parametri **NDP** (*Nationally Determined Parameters*) ili, kraće, **nacionalni parametri**. Projektni timovi koje je CEN/TC 250/SC 2 obrazovao za izradu nacrtu Evrokodova od najpoznatijih evropskih eksperata, dobili su zadatak da broj takvih parametara smanje na

najmanju moguću meru, ili bar značajno u odnosu na nekadašnje "uokvirene" vrednosti u predstandardima, što je, u stvari, trebalo da predstavlja fazu strožije harmonizacije u odnosu na onu koja je ostvarena u predstandardima. S obzirom da još nisu dostupni svi delovi Evrokodova, ne može se proceniti koliko se u tome uspelo, ali je već izvesno da je broj nacionalnih parametara u celini znatno manji, iako je u pojedinim delovima Evrokodova izgleda ostao još uvek nepotrebno veliki.

Dalja dinamika usvajanja Evrokodova kao nacionalnih standarda predviđa da u narednih godinu dana, u takozvanom periodu "kalibracije", svaka zemlja utvrdi svoje nacionalne parametre i objavi ih u svom Nacionalnom aneksu NA (*National Annex*), kao dodatak uz doslovan prevod odgovarajućeg dela Evrokoda, ili kao separat. Osim nacionalnih parametara, Nacionalni aneks može da sadrži i odluke o primeni aneksa koji su u Evrokodovima označeni kao informativni, kao i reference koje se odnose na proračunske podatke i postupke koji nisu kontradiktorni sa odredbama Evrokoda a treba da pomognu u njegovoj primeni. Posle izrade Nacionalnog aneksa, sledeće tri godine dopuštena je koegzistencija nacionalnih i Evropskih standarda. A posle 2010. godine u zemljama članicama CEN-a svi sadašnji nacionalni propisi i standardi koji nisu saglasni sa Evropskim standardima moraće da se stave van snage.

6. PROJEKAT UVOĐENJA EVROKODOVA U NAŠE GRAĐEVINARSTVO

Na osnovu svega što je izloženo, naše građevinarstvo u narednim godinama očekuje veoma ozbiljan i dugotrajan zadatak da usvojimo i implementiramo evropske građevinske standarde u našu teoriju i praksu. S obzirom da Srbija i Crna Gora još nije član evropskih integracija, mi nismo obavezni da se strogo pridržavamo rokova i procedure za uvođenje Evropskih standarda koje je usvojila EU, ali je naš interes da u tome što manje zaostanemo. Jer očigledno je da će u bliskoj budućnosti naši građevinari, i sve druge struke vezane za građevinarstvo, morati da koriste Evrokodove i druge Evropske standarde za sve građevinske radove u našoj i van naše zemlje.

Međutim, o tom izuzetno složenom i obimnom zadatku u ovom trenutku se u našoj zemlji nedovoljno vodi računa, ili bar nedovoljno efikasno niti organizovano. Prevođenje i objavljivanje prvih 5 delova najznačajnijih Evrokodova je samo prvi, mali korak u tom pravcu.

Delovi Evrokodova koji su sada prevedeni imajuće dvojaku namenu. Prvo, to su doslovno, tehnički korektno prevedeni delovi Evrokodova na srpski jezik. Za prevod je korišćena engleska verzija Evrokodova a za Evrokod 2 uporedo su konsultovane i francuska i nemačka verzija. U stručnom smislu to nije bio lak zadatak, jer se puno stručnih pojmova po prvi put pojavljuje u našoj tehničkoj literaturi. Zbog toga je usvojeno da svi takvi termini, pored prevoda, budu ostavljeni i u originalu, imajući u vidu i da će naši graditelji, po svoj prilici, sve više biti prinuđeni da Evropske standarde koriste u originalu, a ne samo u prevodu. Naš Zavod za standardizaciju je nedavno inovirao sastav Komisija za Evrokodove koji su sada prevedeni, njima su prevodi dostavljeni na razmatranje i treba očekivati da će ubrzo biti usvojeni kao naši nacionalni, srpsko-crnogorski **SCS EN** standardi, bez ikakvih izmena u odnosu na originalan tekst Evrokodova, kako ga je CEN usvojio.

Drugo, ti prevodi će biti osnova za rad ekspertske grupe koje će Komisije imenovati za analizu i izradu predloga za naše nacionalne parametre. Primera radi, samo u Delu 1-1 Evrokoda 2: Proračun betonskih konstrukcija, postoji 121 parametar od čije preporučene vrednosti svaka zemlja može da odstupa. S obzirom da se ta dopuštena odstupanja uglavnom odnose na parametre sigurnosti elemenata i konstrukcija, i na geološke, klimatske i druge uslove sredine u odgovarajućoj zemlji, ne treba posebno napominjati da izbor tih vrednosti ima značajne posledice na sigurnost konstrukcija i, naročito, na ekonomičnost građenja, pa je zato analiza nacionalnih vrednosti koje će se predložiti i usvojiti u Nacionalnim aneksima od prevashodnog značaja. Biće razumno da se i u tome ugledamo na ostale zemlje Evrope i prethodno proučimo njihova opredeljenja pri izboru nacionalnih parametara.

Međutim, osim usvajanja nacionalnih parametara, preostaje drugi deo Nacionalnih aneksa, u kojima treba da se odluči o primeni informativnih aneksa i da se ukaže na reference komplementarnih informacija koje su u saglasnosti sa odredbama Evrokodova a treba da pomognu u primeni Evrokodova. Čini nam se, u ovom trenutku, da nas tu očekuju najveći i najsloženiji zadaci, jer ćemo morati detaljno da analiziramo koji su to delovi naše važeće tehničke regulative u oblasti proizvodnje materijala i proizvoda za građenje koji mogu da ostanu u važnosti. S obzirom na opštu zastarelost, nekompletnost i nekompatibilnost naše tehničke regulative, biće potreban organizovan napor da se pronađu prava i pouzdana rešenja. Verovatno je da ćemo više biti u situaciji da ukazujemo šta od naše važeće tehničke regulative više nije kompatibilno sa Evropskim i našim budućim nacionalnim standardima, nego šta se može da koristi zajedno sa njima, i na koji način.

Paralelno bi trebalo započeti rad na prevodenju i implementaciji osnovnih delova ostalih 6 Evrokodova i standarda na koje se oni pozivaju. Pritom bi prvi sledeći korak trebalo da budu Evrokodovi za dejstva, odnosno opterećenja konstrukcija. Nažalost, i to je oblast u kojoj nas čeka posao koji se odlaže već više od jedne decenije a koji spada u nacionalne parametre: definisanje karata seizmičkog dejstva, i opterećenja od vetra i snega, za koje su zaduženi odgovarajući organi Države.

U našoj zemlji Zavod za standardizaciju je do sada usvojio priličan broj Evropskih standarda iz različitih oblasti građevinarstva, bez ikakvih izmena u odnosu na originalan tekst, i oni, kao i u drugim zemljama, nose oznaku **JUS EN**, odnosno srpsko-crnogorski standardi **SCS EN**, sa odgovarajućim originalnim EN brojem.

Imajući u vidu veliki obim toga posla, uvereni smo da je neophodno da se na nivou Države, kakva god ona bude, odluči da usvajanje Evropskih standarda u građevinarstvu, kao bitan preduslov za vraćanje te naše proizvodne grane u čiju smo se komparativnu prednost do nedavno zaklinjali, postane strateško opredeljenje Države. To, dakle, treba da postane Državni projekat, sa potpuno drugačijom organizacijom rada, drugačijim odgovornostima i jasnim izvorima finansiranja. Jer moramo da budemo svesni da se u Evropu neće moći da uđe samo usaglašavanjem opštih političkih stavova i pravne regulative, nego, bar u istoj meri, i usaglašavanjem naših tehničkih propisa i standarda sa odgovarajućim standardima Evrope i stvaranjem uslova za uspešno uklapanje našeg građevinarstva u tokove Ujedinjene Evrope. U tom pravcu treba očekivati i podršku inženjerskih komora Srbije i Crne Gore, koje bi morale da preuzmu na sebe deo tog

posla, slično kao u drugim zemljama Evrope. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i Jugoslovensko društvo građevinskih konstruktora su spremni da nastave da rukovode i organizuju rad na ovom projektu ali ne bi trebalo da u tom poslu ostanu usamljeni.

Jedan od zadataka na putu usvajanja Evropskih standarda je i da SCG postane bar pridruženi član CEN-a. CEN danas ima 29 **Punopravnih članica**, od kojih su 25 u EU, 3 su zemlje u svojstvu članica EFTA-e: Island, Norveška i Švajcarska, a 29. je Rumunija, koja je postala članica od početka ove godine. Dalje slede **Pridružene članice (Affiliated Members)**: Albanija, Bugarska, Hrvatska, Makedonija i Turska, za koje se, kako piše u statutu CEN-a, relativno skoro očekuje prijem u EU ili EFTA-u. Osim toga, postoje i takozvane **Partnerske nacionalne organizacije za standardizaciju PSB (Partner Standard Bodies)** koje, kako piše na web-sajtu CEN-a, iz političkih ili geografskih razloga nisu članice CEN-a ali imaju pravo da učestvuju u radu Tehničkih komiteta i Skupštine CEN-a i, uz ispunjenje još nekih uslova, mogu da dobijaju sve završne nacрте, izglasane i objavljene Evrokodove i Evropske standarde. Partneri su samo nacionalne organizacije za standardizaciju: Bosne i Hercegovine, Egipta, Ruske Federacije, **Srbije i Crne Gore**, Tunisa i Ukrajine. Nažalost, mi ni te minimalne mogućnosti ne koristimo, bar što se tiče građevinarstva.

Finansiranje uvođenja Evrokodova za konstrukcije i Evropskih standarda u naše građevinarstvo nije tako veliki problem kao što je okupljanje i organizovanje dovoljnog broja visoko obrazovanih i iskusnih inženjera sa odličnim poznavanjem našeg i stranih jezika i materije koja se standardima reguliše. Mislimo da i za to imamo dovoljno snage. Jer posle početnih ulaganja, koja nisu tako velika, sistem izrade, korišćenja i inovacije standarda počinje sam sebe da finansira i postaje samostalno održiv. I to je dosadašnje iskustvo drugih zemalja.

S obzirom na veoma veliki broj međusobno uslovljenih dokumenata koje treba prevesti i usvojiti, jedno od mogućih rešenja, koje su neke manje zemlje Evrope već prihvatile, je da se odrede najvažniji delovi Evrokodova i Evropski standardi koje treba prevesti na srpski jezik, a da se ostali, koji su neophodni za njihovu primenu, proglase za **naše nacionalne standarde ali na engleskom jeziku**. Ovi drugi bi se koristili na engleskom dok se ne nadje vreme i odgovarajući kadrovi (na primer, interesne grupe proizvođača materijala i proizvoda koji se koriste u građevinarstvu, kao što su cementare, opekarska industrija, proizvođači keramičkih proizvoda, uvoznici armature, proizvođači hidro i termo izolacija, građevinske stolarije, materijala i opreme za unutrašnje i spoljašnje instalacije, itd), čiji je direktan interes da se odgovarajući standardi prevedu na naš jezik.

Da na kraju zaključimo: očigledno je da je usvajanje Evropske tehničke regulative jedna od neminovnosti integracije Srbije i Crne Gore u Evropu. Uvereni smo, sada još više nego ranije, da je to jedino ispravno i racionalno rešenje koje će sigurno doprineti unapređenju naših napora da se što pre vratimo na pozicije u građevinarstvu na kojima smo nekada bili.

7. DALJI RAZVOJ EVROKODOVA ZA KONSTRUKCIJE

Komisija EU je donela odgovarajuće odluke i dala CEN-u precizne direktive za implementaciju Evrokodova za konstrukcije do 2010. godine. Međutim, već sada se planira šta, u organizacionom i finansijskom smislu, treba da se preduzme da se do tog roka a i kasnije Evrokodovi dalje dopunjavaju i unapređuju, prateći razvoj savremenih materijala i tehnologija i iskustava u njihovoj primeni. U tom cilju, među zemljama CEN-a već cirkuliše jedan radni dokument pod naslovom: **Evolucija Evrokodova** (*Evolution of Eurocodes*). Malo je možda preuranjeno je da se o njemu govori, ali je od interesa da znamo da se planira:

- **kontinualno popravljavanje i unapređivanje Evrokodova;** predviđeno je uvođenje "vruće linije" (*hotline*) za neposrednu vezu sa posebnim ekspertskim centrom koji bi pomagao nacionalnim organizacijama u fazi "kalibracije" nacionalnih parametara i kasnije primene, i registrovao sve primedbe i sugestije za poboljšanje Evrokodova. Planira se i dopuna Evrokodova delovima u kojima bi se definisali postupci utvrđivanja stanja elemenata i konstrukcija i tehnologije za sanaciju i ojačanje konstrukcija,
- **dalja konvergenciju u cilju harmonizacije nacionalnih parametara,** kada ih zemlje članice budu usvojile; u tom pravcu predviđa se analiza nacionalnih parametara pa čak i intervencija u slučaju neopravdanih divergencija,
- **promocija Evrokodova;** kroz seminare za različite stepene obrazovanja, nastavu na fakultetima, izradu priručnika i softvera, pa sve do planiranja i realizacije programa teorijskih i eksperimentalnih istraživanja za unapređenje pojedinih delova i odredaba Evrokodova.

Svim tim zadacima rukovodiće i dalje CEN, preko Tehničkog komiteta TC 250. Suština je, kako se konstatuje u zaključku tog dokumenta, da se preduzmu sve potrebne mere da se obezbedi vodeća uloga Evrokodova za konstrukcije u savremenom građevinarstvu i poboljša konkurentnost Evropskog građevinarstva na globalnom tržištu, ali je to istovremeno i izazov za sve graditelje, uvereni smo i naše, da se tom trendu priključe.

STRUCTURAL EUROCODES AND OUR CONSTRUCTION INDUSTRY

Summary: *The background, aims and the actual state of development of Structural Eurocodes are presented in the paper. More than 10 years ago Yugoslav structural engineers decided to adopt the European standards as their national standards in the construction industry. The review of what have been done in the implementation of European prestandards in our theory and practice has been presented, as well as what is foreseen after the conversion of Eurocodes into European standards. The Seminar held in 2006 on adoption of European standards, whereon the first 5 parts of Eurocodes translated into Serbian were presented, was only the first step of that Project which is the longterm and very important task for our construction industry if we want to come back to the positions where we have been previously in that field.*

Key words: *Structural Eurocodes, European standards, Nationally Determined Parameters, National annex*

LIFTOVANJE ARMIRANO BETONSKIH SVODOVA NA HRAMU SVETOG SAVE U BEOGRADU

Petrović Slobodan¹
Arandelović Bojan²
Mirković Dragan³

UDK: 624.074.3

Rezime : U radu je opisana primena standardne opreme za prednaprezanje na liftovanju AB svodova hrama Sv. Save na Vračaru. Liftovanje elemenata i konstrukcija je metoda koja se koristi i kod nas, a Institut IMS je liftovao više rezervoara i elemenata na ovaj način.

Na Hramu je liftovano ukupno 76 elemenata na zasvođenju priprata, zvonika i kripte. U prilog ovom načinu dizanja elementa ide relativno povoljna cena, kao i to da je za druge uređaje za podizanje deo prostora u Hramu nedostupan. Pre izrade AB svodova, definisana je tehnologija i razrađeni detalji, a postupak pored podizanja omogućava i "lagano" spuštanje svodova na oslonce.

Za liftovanje su korišćene standardne kotve tipa S1/15 i SF1/15, užad, standardna oprema za pojedinačno zatezanje sa odgovarajućim hidrauličkim razvodom i regulacijom.

Ključne reči : oprema za prednaprezanje, liftovanje armirano betonskih svodova

1. UVOD

Tendencije razvoja građevinarstva u svetu i kod nas idu u pravcu što većeg skraćanja vremena građenja, naravno uz održavanje odgovarajućeg nivoa kvaliteta izvedenih radova. To se postiže većim stepenom mehanizovanosti radova, stoga je neophodno da troškovi građenja budu pokriveni koristima koje pruža raniji završetak radova, usled ranije eksploatacije. U zavisnosti od vrste konstrukcije i načina izvođenja montaže postoji niz metoda izvođenja montažnih radova. Jedna od njih je metoda liftovanja, koja se sastoji u tome da se delovi objekta podižu specijalnim hidrauličkim presama. Pri ovakvom izvođenju, delovi objekta se rade u ravni terena, pod optimalnim uslovima, i posle njihove izrade podižu se na projektovanu visinu i ankeruju u prethodno izrađene delove objekta.

¹ Slobodan Petrović, dipl.građ.inž., Institut IMS – Centar za tehnologiju građenja i konstrukcije, 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43,

² Bojan Arandelović, dipl.građ.inž., Institut IMS– Centar za tehnologiju građenja i konstrukcije, 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, E-mail: bojan.arandjelovic@institutims.co.yu

³ Dragan Mirković, maš. tehn., Institut IMS- Centar za tehnologiju građenja i konstrukcije, 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43

2. LIFTOVANJE METODOM VUČENJA HIDRAULIČKIM PRESAMA ZA ZATEZANJE UŽADI

Ovaj način liftovanja predstavlja jednu od primena sistema prednaprezanja SPB i SPB SUPER, koji je razvijen u Institutu IMS u Beogradu. Kao vučno sredstvo koriste se standardne prese i pumpe sa kojima se mogu zatezati kablovi neograničene dužine bez skidanja prese sa kabla. Ova osobina opreme omogućava kontinualno podizanje tereta na visinu koja nije ograničena. Operacija povlačenja odgovara operaciji zatezanja kabla, gde je sila stalno konstantna, a korak podizanja odgovara hodu prese i kreće se, zavisno od tipa prese, od 200 do 240 mm. Ovaj način liftovanja pokazao je svoje prednosti iz sledećih razloga :

- oprema za liftovanje je standardna oprema za prednaprezanje ,
- oprema je laka i pogodna za transport i montažu ,
- za rukovanje opremom je potreban mali broj radnika ,
- visina dizanja i masa koja se podiže su praktično neograničene ,
- veoma povoljna cena ovakvog načina montaže ,
- mogućnost primene kod najraznovrsnijih objekata ,
- za smeštaj opreme i rukovaoca potreban je mali prostor ,
- kotve i užad su standardni proizvod

3. LIFTOVANJE SVODOVA NA HRAMU SVETOG SAVE U BEOGRADU

3.1 UVOD

Nakon zasvođenja priprata i zvonika, montaža svodova u kripti predstavlja završnu fazu svih građevinskih radova koji su projektovani za uređenje enterijera kripe Hrama. Realizacija plafonskih i krstastih svodova u kripti predstavlja izuzetan inženjerski izazov kako u konstruktorskom, tako i tehnološkom pogledu. Podzemna etaža je projektovana u vizantijskom stilu. Delom će biti freskopisana, a delom u mozaiku. U podzemnoj etaži Hrama Svetog Save u toku su enterijerski radovi. Celu plafonsku površinu kripe pokriva 59 montažnih površinskih nosača koji se u " šahovskom rasporedu " montiraju u kripti. Njihova težina je od 6 do 20 tona i postavljaju se na visinu od 6.0 m.



Slika 1 . Liftovanje svoda u kriпти Hrama

3.2 POTREBNA OPREMA ZA LIFTOVANJE

U procesu liftovanja armirano-betonskih svodova korišćena je sledeća oprema i pribor :

- ✓ Prese S – 17 , kom. 4
- ✓ Pumpa PE –80S
- ✓ Užad 15.2 mm , kom. 4
- ✓ Kotve tip SF1/15, kom. 4
- ✓ Kotve tip S1/15, kom. 4
- ✓ Alat za spuštanje i rasklinjavanje
- ✓ Razvodna ploča sa 4 prigušna ventila i priključcima

3.3 POSTUPAK LIFTOVANJA

Provučena su četiri užeta od platforme do uglova elementa svoda. Sa donje strane elementa postavljena je podložna ploča i fiksna kotva SF 1/15. Na platformi je postavljena podložna ploča i normalna kotva. Pumpa je povezana sa presama tako da hod podizanja bude preko razvodne ploče vezan sa prigušnim ventilima, a povratni hod direktno. Na taj način je moguća regulacija hodova presa, tj. da se klipovi svih izvlače skupa, ili ako je potrebno, moguće je da samo pojedina presa, vrši povlačenje elementa. Prese se navlače na užad i užad se španuje tako da element bude ravnomerno oslonjen na sva četiri užeta. Zatim se prese vraćaju u početni položaj.

U drugom krugu dizanja prigušni ventili su tako naštelovani da sve prese idu podjednako brzinom i ide se ceo hod. Izvlačenje celog hoda presa se ponavlja n-puta u zavisnosti od visine dizanja, sve dok element ne dođe do 10 cm od kote na koju se element liftuje. Prese se podižu i postavljaju se upornici na užad. Potom se prese

naslanjaju na upornik i vuče se užad zajedno sa kotvom, dok se ne dostigne određena visina. Posle prihvatanja elementa na određenoj visini vršimo sporo otpuštanje prese i prenošenje težine elementa na prohromske bolcnove koji se ubacuju u rupe stubova na uglovima svoda. Nakon toga, imamo slobodno uže za 10 cm kako bi rasklinili gornju, a potom i donju kotvu. Postupak važi za sve elemente, i ponavlja se za svaki od njih posebno.

LITERATURA

- [1] Katalog SPB sistem prednaprezanja , Institut IMS
- [2] Primena IMS opreme i kablova u tehnološkom procesu montaže metodom liftovanja – Zoran Popović, Slobodan Petrović
- [3] www.hramsvetogsava.org

LIFTING ARCHES ON ST. SAVA CHURCH IN BELGRADE

Summary: *This work shows application of standard equipment for prestressing on lifting arches in St. Sava Church in Belgrade. Lifting elements and structures is method which is in use in our country, Institute IMS lifted tanks and elements on this way. In St. Sava Church lifted 76 elements. During lifting arches in use was standard anchors S and SF type, strands, jacks and pump.*

Key words: *equipment for prestressing, lifting arches*

KONTROLA SILE U KABLOVIMA NAKNADNO PREDPREGNUTIH KONSTRUKCIJA

Zoran Popović,¹

Slobodan Petrović²

UDK:624.012.46

Rezime: U radu su definisani ciljevi merenja sile u kablovima kod naknadno prednapregnutih konstrukcija, kao i ograničenja koja se odnose na izlaganu materiju. Prikazana su dva načina merenja sile, imajući u vidu da li se radi o kablovima formiranim od glatke žice ili od užadi, koja su danas dominantna. Prikazana je metoda oscilacija i metoda utvrđivanja sile merenjem ugiba izazvanog apliciranjem sile upravno na kabl. Kroz tablice su dati brojni podaci koji olakšavaju izračunavanje merenog napona ili sile, a prikazan je i jedan brojni primer za izračunavanje sile u kabl formiranom od užadi. Istaknuta je i obaveza projektanta konstrukcije, da kroz statički račun definiše očekivanu silu u kabl u funkciji vremena, kako bi se rezultati merenja mogli pravilno interpretirati.

Gljučne reči: Naknadno prednaprezanje, kablovi za prednaprezanje, metode utvrđivanja sile u kabl

1. UVOD

U radu je opisan najčešći slučaj u inženjerskoj praksi, a to je merenje napona/sile u kablovima kod naknadno prednapregnutih konstrukcija u kojima se kablovi nalaze unutar betonskog preseka, pre ili posle injektiranja i ne odnosi se na kablove van konstruktivnog elementa (eksterno prednaprezanje, "stay cables", geotehnička sidra) ili određivanje sile u užadima kod adhezionog prednaprezanja. Rad na zatezanju kablova mora da obezbedi ostvarenje projektovane sile prednaprezanja, a kontrola se vrši u svemu prema posebno specificiranim zahtevima projektanta i uputstvima nosioca sistema prednaprezanja/tehnologije građenja, imajući u vidu važeću tehničku regulativu. **Direktno** potvrđivanje aplicirane početne sile prednaprezanja specijalizovani izvođač radova prednaprezanja uvek realizuje i do ostvarivanjem pritiska na manometru pumpe (baždaren hidraulički komplet za prednaprezanje: utvrđen odnos sila - pritisak) i kontrolom izduženja kabla, po potrebi merenjem dilatacija žice/užadi mehaničkim deformetrom i, po posebnim zahtevima, merenjem napona/sile u već zategnutom kabl. Kod specijalnih konstrukcija u praksi je primenjivano, kao dopunsko merenje i metoda **posrednog** utvrđivanja unesene sile prednaprezanja merenjem dilatacija betona, kao i geodetsko osmatranje konstrukcije. Dobijeni rezultati treba da garantuju da je uneta projektovana sila prednaprezanja u konstruktivni elemenat. Međutim, u inženjerskoj praksi, javlja se i potreba za proverom sile u već zategnutom kabl, u toku čitavog životnog veka konstrukcije, kako u fazama izgradnje, $t \approx /> 0$, tako

¹ Zoran Popović, dipl. građ. inž., Institut IMS, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, tel: 011 265 04 83, E-mail: zpopovic@institutims.co.yu

² Slobodan Petrović, dipl. građ. inž., Institut IMS, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, tel: 011 369 14 69

i tokom praćenja konstrukcije u eksploataciji, $t \gg 0$ ($t \rightarrow \infty$), u cilju provere pretpostavki proračuna i ocene njenog stanja.

Ciljevi merenja sile kablu su raznovrsni: kontrola rada ekipe koja na gradilištu vrši prednaprezanje, provera pretpostavki statičkog računa, merenje priraštaja sile prilikom raznih probnih opterećenja, praćenje promena sile usled reoloških promena u betonu i čeliku za prednaprezanje, utvrđivanje sile kod eventualnih delimičnih oštećenja/havarija objekata, dobijanje polaznih podataka pri izradi projekata sanacija i sl.

U slučajevima kada se kablovi formiraju od glatkih žica, uobičajeno prečnika ≤ 7 mm, bez obzira na cilj, koristi se metoda upoređivanja oscilovanja žice, poznate dužine, sa poznatim oscilacijama nekog oscilatora. Namenskim uređajima se direktno meri frekvencija žice pobuđene na oscilaciju i uz određene uslove, na osnovu osnovu klasičnog (2) ili modifikovanog (3) obrasca, sa dovoljnom tačnošću, izračunava napon σ , odnosno sila N_k , u već zategnutom kablu.

Metodu oscilacija nije moguće primeniti kada su kablovi formirani od užadi (danas se najčešće primenjuju užad nominalnog prečnika od 15,2 do 16 mm), kod kojih se ne mogu koristiti klasični obrasci (2) i (3), jer se krutost EI užeta ne može zanemariti.

I ako se naponi/sile u kablu, i kod žica i kod užadi, u vremenu t mogu izmeriti sa tehnički prihvatljivom tačnošću, teškoću predstavljaju interpretacije izmerene sile, a zbog reoloških karakteristika betona i čelika za prednaprezanje. Izmerene vrednosti kretace se od maksimalne računске vrednosti napona/sile u vremenu $t = 0$, pa do blisko minimalnoj računskoj vrednosti, u vremenu $t \rightarrow \infty$. Zbog interpretacije rezultata merenja, neophodno je da projektant konstrukcije/konstruktivnog elementa, u okviru statičkog proračuna, naznači **očekivane** vrednosti sila u kablovima, u funkciji vremena t (sila na presi N_{k00} , sila posle zaklinjavanja N_{k0} u vremenu $t = 0$, pad sile ΔN_{kt} kroz vreme).

2. MERENJE NAPONA U ŽICAMA METODOM OSCILACIJE

Merenje napona se bazira na obrascu za frekvenciju zategnute strune, poznatom iz

$$\text{fizike: } \sigma_0 = \frac{4\gamma}{g} l^2 \cdot f^2 \quad (1)$$

Unošenjem u formulu (1) vrednosti gravitacionog ubrzanja g i zapreminske težine γ , dobija se izraz

$$\sigma_0 = 3,2 \cdot 10^{-2} \cdot l^2 \cdot f^2 \quad (2)$$

koji je jednostavan za upotrebu, u kome je σ_0 [MPa] sračunati napon u žici, f [Hz] izmerena frekvencija, a l [m] unapred zadata i izmerena baza oscilovanja. Naravno treba imati u vidu idealizirane uslove pod kojima je ovaj obrazac izveden: da žica nema nikakvu krutost, tj. da je $J = 0$ i da je razapeta između dva nepomerljiva i čvrsta oslonca. Pogodna je činjenica što u njemu ne figuriše moduo elastičnosti E , pa je merenje moguće obaviti bez poznavanja karakteristika materijala.

Metoda bazira na merenju oscilacija žice pobuđene na vibriranje na »modelu« koji je u praksi najčešće kontinualna greda od tri polja, raspona $l_1 + l + l_1$, zategnuta aksijalnom silom prednaprezanja N . Ovo se ostvaruje tako što iz snopa zategnutih žica kabla odvoji jedna, ubacivanjem dva **čelična** podmetača na rastojanju $l = 100 - 120$ prečnika žice (merna baza koja \approx obezbeđuje idealizovane pretpostavke), vodeći računa da odnos spoljnih raspona l_1 , prema rasponu merne baze l , bude blizak jedinici. Ovaj odnos

omogućava primenu izraza (2) bez ikakvih korekcija. Udarom metalnim predmetom o žicu, baza I se pobudi na oscilovanje i direktno se mernim uređajem meri frekvencija f . Imajući vidu da u praksi najčešće nije moguće »otvoriti« kabl, u izvedenoj konstrukciji, u dužini 300 – 360 prečnika žice ($l_1 + I + l_1 > 2,1$ m, za žicu $\varnothing 7$ mm), tada se ide na što manje vrednosti l_1 , pa se za $l_1 < I$ primenjuje korigovana formula

$$\sigma = k \cdot \sigma_0 \quad (3)$$

gde je σ_0 napon sračunat na osnovu izraza (2), a broj k je korekcionni faktor čije su vrednosti prikazane u tablici 1.

Vrednosti iz tablice 1 su date su prema literaturi [1], u kojoj je i teorijski razrađen izlagan problem, gde je $n = l_1/I$, a $v = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\sigma_0}{E}}$ koeficijent koji karakteriše žicu u smislu

vitkosti ($\lambda = l/i$). U prvoj aproksimaciji, koja je najčešće dovoljna, koeficijent v određujemo na osnovu sračunatog napona po obrascu (2) i stvarnog modula elastičnosti E dobijenog ispitivanjem čelika za prednaprezanje.

v	n								
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
15	0,718	0,814	0,834	0,847	0,853	0,876	0,058	1,340	1,842
30	0,861	0,919	0,923	0,925	0,929	0,932	0,989	1,395	1,906
45	0,908	0,949	0,951	0,952	0,953	0,956	0,995	1,411	1,926
60	0,931	0,963	0,964	0,964	0,965	0,967	0,997	1,419	1,935
75	0,946	0,971	0,971	0,972	0,973	0,974	0,998	1,423	1,940
90	0,955	0,976	0,976	0,977	0,977	0,978	0,999	1,426	1,943
105	0,961	0,979	0,980	0,980	0,980	0,981	0,999	1,428	1,944

Tablica 1. Korekcionni koeficijent k

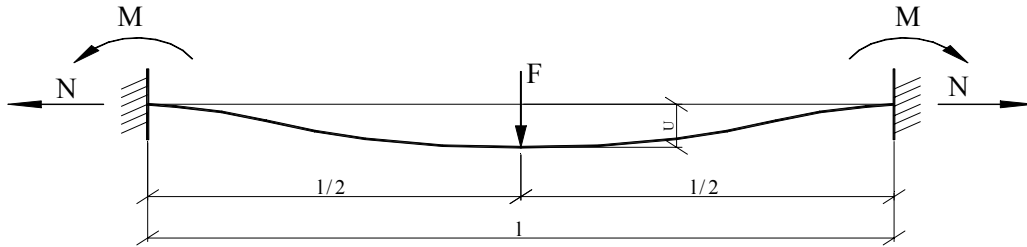
Institut IMS je, za napred navedena merenje, razvio instrument pod nazivom **tenzofrekvencometar** (zadnja generacija, sa digitalnim očitavanjem - model MA 3883, opseg 15 do 1990 Hz, tačnost očitavanja 0,5%), koji imajući u vidu izloženo (merna baza 100 – 120 \varnothing i za tu bazu naponi u žici od 1250 do 800 MPa), meri u praksi frekvencije u opsegu od 280 – 210 Hz, za koji se, pre merenja, baždari zvučnom viljuškom frekvencije 225 Hz, tako da je greška merenja svedena na minimum.

Imajući u vidu visoku tačnost tenzofrekvencometra kojim merimo napon u zategnutoj žici kabla, može se konstatovati da obrazac (2) važi, sa greškom manjom od 5%, ako se merenje vrši u opsegu u kome su $v \geq 45$ (što je u praksu najčešći slučaj) i $1 \geq n \geq 0,2$. Nasuprot tome za $n > 1$ situacija se naglo menja u negativnom smislu. Već za $n = 1,20$ obrazac (2) daje grešku veću od 40%, a sa daljim prirastom ovog odnosa merenja postaju apsurdna. Naravno treba imati u vidu da dobro obavljeno merenje zavisi od kvaliteta oslonaca merne baze. Stoga oni treba da budu nepomerljivi i što čvršći i krući. Suviše kratka baza takođe brzo prigušuje oscilacije.

3. MERENJE SILE U UŽADIMA METODOM MERENJA UGIBA

Iz napred izloženog jasno je da se primena metode oscilacija ne može koristiti kod užadi jer se kod njih vrednost EJ ne može zanemariti. Polazeći od zadatka da je potrebno

izmeriti silu u već zategnutom kablju, u vremenu $t > 0$, odnosno $t \rightarrow \infty$, a imajući u vidu tehnički prihvatljive mogućnosti »otvaranja« nekog pogodnog kabla na dužini $l = 100$ do 150 cm, može se izabrati statički model koji u svemu odgovara realnim uslovima. Razmatraće se slučaj (slika 1.), najčešći u praksi, kada se merenje vrši na već injektiranom kablju. Zadatak se svodi da se, na osnovu poznate aplicirane sile F u $l/2$, tačno određene krutosti EI i izmerenog ugiba u u sredini raspona, odredi sila u užetu N .



Slika 1. Statički model

Realan statički sistem za rešenje problema je obostrano ukleštena greda, raspona l , opterećena zadatom silom F u sredini raspona, upravnoj na pravac užeta i silom zatezanja N . Osim momenta od sile N , koji u preseku x iznosi Ny i koji potiče od opterećenja $p = N y''$, greda je opterećena i momentima koji proističu od sile F , tako da

diferencijalna jednačina koja određuje ugib grede glasi: $EI y'''' = + Ny'' - \frac{F}{2} x + M$.

Rešenje ove jednačine po y dobija se u obliku $y = C_1 \text{Coh } \lambda x + C_2 \text{sinh } \lambda x + \frac{F}{2N} x - \frac{M}{N}$,

gde je $\lambda^2 = \frac{N}{EI}$. Uvodeći označavanje $\theta = \frac{\lambda l}{2}$ i konturne uslove: $y_{(0)} = 0$, $y'_{(0)} = 0$

i $y'_{(l/2)} = 0$, konačno rešenje jednačine je:

$y = \frac{F}{2\lambda N} \frac{\text{Coh } \theta - 1}{\text{Sih } \theta} (\text{Coh } \lambda x - 1) + \frac{F}{2N} (x - \frac{\text{Sih } \theta}{\theta})$. Ugib u sredini grede je:

$$u = y_{l/2} = \frac{F}{2\lambda N} \frac{(\text{Coh } \theta - 1)^2}{\text{Sih } \theta} + \frac{F}{2N} \frac{l}{2} (1 - \frac{\text{Sih } \theta}{\theta}) \quad (4)$$

Ovo rešenje se može transformisati u oblik pogodan za dalja izračunavanja:

$$\frac{8EI}{l^3} \frac{u}{F} = \frac{1}{\theta^3} \left[\frac{1 - \text{Coh } \theta}{\text{Sih } \theta} + \frac{\theta}{2} \right] = f(\theta) \quad (5)$$

Veličine na levoj strani izraza (5) su poznate, odnosno zadate/izmerene vrednosti (merimo ugib u u sredini raspona za apliciranu silu F). Veličinu EI treba tačno odrediti, recimo merenjem ugiba konzolnog štapa pod dejstvom zadate sile P . Tada iz relacije EI

$= \frac{3\delta}{Pl^3}$, gde je δ izmereni ugib slobodnog kraja konzole, l njen raspon, a P poznata sila

kojom je opterećujemo slobodan kraj konzole, sračunavamo tačnu vrednost EI .

Jednačina (5) nije jednostavna za rešavanje, pa je za određivanje vrednosti desne strane izraza, odnosno funkcije $f(\theta)$, dobro odrediti neke vrednosti unapred. Vrednost θ je u granicama $10 \geq \theta \geq 6$ za $l = 100$ cm, odnosno $16 \geq \theta \geq 9$ za $l = 150$ cm. Za praksu bi bilo korisno držati uvek isti raspon l (slobodna dužina užeta). Može se lako, uz primenu računara, izračunati funkcija $f(\theta)$ za niz brojeva θ u intervalu koji je od interesa. Tako će se dobiti graf za direktno očitavanje vrednosti funkcije $f(\theta)$, odnosno vrednosti izraza $\frac{8EI}{l^3} \frac{u}{F}$. U tablici 2 date su vrednosti funkcije $f(\theta)$ za $15 \geq \theta \geq 6$.

θ	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$f(\theta) \times 10^{-3}$	9,25	7,29	5,86	4,80	4,00	3,38	2,89	2,50	2,19	1,93

Tablica 2. Vrednosti funkcije $f(\theta)$

Praktična procedura određivanja sile u jednom užetu kablu je sledeća:

- u akreditovanoj laboratoriji utvrditi stvarnu krutost užeta EI ,
- otvoriti kabl na pogodnom mestu i očistiti ga od injekcione mase,
- odgovarajućim alatom, sa mernim instrumentom za očitavanje sile, povučemo jedno uže iz kabla (oslanjajući se na konstrukciju) silom F u sredini raspona l , tako da ostvarimo njegovo odvajanje od snopa užadi u kablu, odnosno »ugib« u ,
- očitamo vrednosti F na mernom instrumentu alata,
- izmerimo ugib u ,
- za izmerenu ugib užeta u pod silom F odredi se leva strana izraza (5),
- zatim se nađe $f(\theta)$ koji zadovoljava desnu stranu izraza (5),
- sila u užetu se sračunava prema obrascu $N = \frac{4EJ}{l^2} \theta^2$ (6)

U skladu sa prethodnim izlaganjem, na brojnom primeru, pokazaće se određivanje sile u kablu $6 \text{ } \varnothing \text{ } 15,2$ mm, u vremenu $t \approx 10$ godina, znajući da je kabl zatezan silom $N_{k00} = 1.050$ kN, a da je prema statičkom proračunu $N_{k\infty} = 0,75 N_{k00} = 787,5$ kN.

Merenjem u laboratoriji utvrđuje se stvarna krutost EI jednog užeta (u ovom primeru usvojiće se orijentaciona vrednost: $EI = 3400$ kNcm²).

Na pogodnom mestu u objektu je »otvoren« kabl u dužini $l = 120$ cm. Na osnovu

izmerenih vrednosti $u = 15$ mm i $F = 8,1$ kN sračunato je $\frac{u}{F} = \frac{1,5}{8,1} = 0,185$ cm/kN, pa

se na bazi leve strane jednačine (5) dobija vrednost $\frac{8EI}{l^3} \frac{u}{F} = \frac{8 \cdot 3400}{120^3} \times 0,185 = 2,912 \times 10^{-3}$.

Iz tablice 2 očitavamo da je $\theta \cong 12$, te je sila u užetu $N = \frac{4EJ}{l^2} \theta^2 = \frac{4 \cdot 3400}{120^2} \cdot 12^2 = 136$ kN.

Na osnovu izvršenog merenja i sračunate sile u jednom užetu (imajući u vidu da je zatezanje kabla skupno i sa ujednačenom silom u svim užadima), utvrđena je sila u kablu $N_{k10} = 6 \times 136 = 816 \text{ kN} > 787,5 \text{ kN} (+ 3,5\%)$, što potvrđuje da u kablu imamo očekivanu silu prednapreznja u konstrukciji i kablu u kome nisu završeni svi, ali je završen najveći deo reoloških gubitaka.

4. ZAKLJUČAK

Merenje sile u zategnutim kablovima nije standardna procedura kontrole sile. Današnji nivo kvaliteta opreme za prednapreznje, uz obučenu ekipu utezača i konstantnu tehničku kontrolu procesa, u skladu sa procedurama sistema kvaliteta, omogućava zahtevano unošenje projektovane sile. U principu, imajući u vidu postavljene ciljeve, merenje sile u kablovima se obavlja samo po posebnim zahtevima. Naravno kada konstruktivni koncept objekta nije moguće dovoljno tačno obuhvatiti statičkim/matematičkim modelom, merenje napona/sila ima opravdanje, kako u fazi zatezanja, tako i u fazi eksploatacije prednapregnutog objekta.

Institut IMS je, na bazi znanja iz ove oblasti, delimično prikazanih u ovom radu, razvio odgovarajuću mernu opremu i obavio veliki broj merenja [2].

LITERATURA

- [1] dr Petrović, B.: Neka razmatranja i iskustva u vezi sa merenjem napona u zategnutim žicama metodom oscilacije, Saopštenje broj 4, godina IV, Institut IMS
- [2] »Izveštaj o merenju napona na objektu ...«, Elaborati Instituta IMS, 1974 – 2005.
- [3] Popović, Z.: Metode merenja sile prednapreznja pri izvođenju, ispitivanju, pregledu i praćenju prednapregnutih konstrukcija, II Savetovanje »Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata, Mataruška Banja, april 2001.

CONTROL OF FORCE IN CABLES OF POSTTENSIONED STRUCTURES

Summary: *The paper defines the aims of force measuring in cable at post-tensioned structures as well as the limitation concerning the presented material. Two ways of force measuring are shown, having in mind two types of tendons: tendons formed of smooth wire or of strands which are dominant today. The paper also describes method of oscillation and method of ascertaining the measuring force of bending caused by force application on tendon. Tables give numerous data which simplify calculation of measured stress or force, and one of many examples of calculation of force in tendons formed of strands have been shown too. The obligation of structure engineer to define, through static calculus, the expected force in tendon in time function, in order to explain properly measuring results have been specially emphasized.*

Key words: *post-tensioning, tendons for prestressing, methods of ascertaining the force in tendon*

PRSLINE I DEFORMACIJE PARCIJALNO PRETHODNO NAPREGNUTIH PRESEKA

Aleksandar Ristovski¹

UDK: 666.982.4:539.421

Rezime: Sledećim iterativnim postupkom prikazaće se određivanje stanja napona i deformacija parcijalno prethodno napregnutog preseka u opštem obliku. Analiza je dalje proširena u cilju određivanja graničnih kombinacija aksijalnih sila i momenata koji dovode do pojave prve prsline u preseku. Prikazani postupak daje redistribuciju stanja napona i deformacija u betonu i armaturi nakon pojave prve prsline na bilo kom nivou naprezanja nakon opterećenja pa sve do loma.

Ključne reči: ppn beton, redistribucija, dekompresija, prsline, deformacije

1 Uvod

Radovima [1] i [2] prikazan je postupak za određivanje stanja napona i dilatacija usled delovanja trenutnih i dugotrajnih opterećenja kod prethodno napregnutih armirano betonskih preseka proizvoljnog oblika. Normalna sila, biaksijalni momenti i sila prethodnog naprezanja uvode se u trenutku vremena t_0 . Analiza daje trenutne pritiske u vremenu t_0 i dugotrajne pritiske u vremenu t , nakon skupljanja i tečenja betona i relaksacije prethodno zategnute armature. Nije ustanovljena pojava prslina.

U ovom radu analiza je proširena pretpostavljajući da su, u posmatranom trenutku vremena, naponi i deformacije poznati. U istom trenutku vremena uvode se dodatne sile ΔN , ΔM_x , ΔM_y dovoljnog intenziteta da bi prouzrokovali pojavu prve prsline u betonu. Prikazani postupak daje redistribuciju stanja napona i deformacija u betonu i armaturi nakon pojave prve prsline na bilo kom stepnju nakon opterećenja pa sve do loma. Dijagrami σ/ε mogu imati proizvoljan oblik. U ovom radu ti dijagrami su idealizovani serijom pravih linija. Pretpostavlja se da poprečni presek ostaje ravan na svim nivoima naprezanja i da je dilatacija betona u svakom vlaknu kompatibilna sa promenom dilatacija u armaturi. Pri analizi se usvaja da nakon pojave prsline beton više ne može da primi napone zatezanja. Analiza se takođe može proširiti kako bi se dobila kombinacija sila i momenata $N_w, M_{u,x}, M_{u,y}$ pri graničnom stanju loma preseka.

2 GRANIČNO STANJE DEKOMPRESIJE

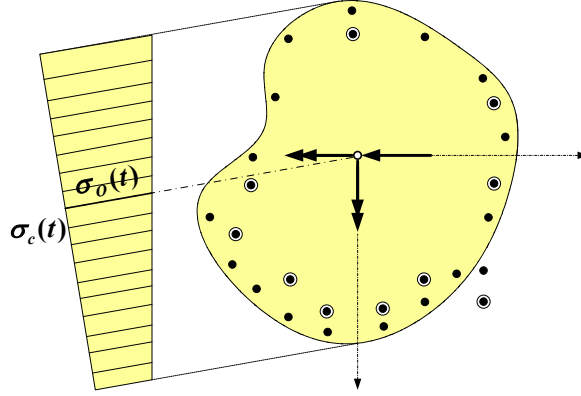
Za potrebe dalje analize pogodno je $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$ podeliti na dva dela:

$$\Delta N = \Delta N_{(I)} + \Delta N_{(II)} \quad (1)$$

$$\Delta M_x = \Delta M_{x(I)} + \Delta M_{x(II)} \quad (2)$$

$$\Delta M_y = \Delta M_{y(I)} + \Delta M_{y(II)} \quad (3)$$

¹Docent dr Aleksandar Ristovski, dipl.inž.grad., Fakultet Tehničkih Nauka Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7
e-mail: acaristovski@ptt.yu



Sl.1

Sile dekompresije $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{(I)}$ predstavljaju delove $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$ koje dovode presek u stanje dekompresije, dok $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{(II)}$ predstavljaju delove $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$ koji će u najviše zategnutom vlaknu preseka dovesti do pojave prve prsline. Oznake $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{(I)}$ i $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{(II)}$ će biti korišćeni za povratak na odgovarajuće idealizovane transformisane preseke, u stanje bez prsline (*stanje I*) i stanje sa prslinom (*stanje II*). Budući da su naponi pritiska u stanju dekompresije relativno mali može se predpostaviti linearna raspodela napona pritiska u betonu, prethodno nenapregnutoj i prethodno zategnutoj armaturi. Sa ovim predpostavkama vrednosti sile dekompresije se mogu napisati kao:

$$\begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{Bmatrix}_{(I)} = \begin{bmatrix} A & S_x & S_y \\ S_x & J_x & J_{xy} \\ S_y & J_{xy} & J_y \end{bmatrix}_{(I)} \cdot \begin{Bmatrix} -\sigma_o(t) \\ -\gamma_x(t) \\ -\gamma_y(t) \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Gde σ_o predstavlja vrednost pritiska u tački O, $\gamma_x = \partial\sigma/\partial x$; $\gamma_y = \partial\sigma/\partial y$. Ova tri parametra definišu poznato stanje napona koje postoji u vremenu t u nekoj tački preseka (x,y) . Napon koji postoji pre apliciranja $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$ je:

$$\sigma_c(t) = \sigma_o(t) + \gamma_y(t) \cdot x + \gamma_x(t) \cdot y \quad (5)$$

Gde su $\{A, S_x, S_y, J_x, J_y, J_{xy}\}_{(I)}$ parametri idealizovanog neisprskalog preseka, $E_c(t)$ je modul elastičnosti betona u trenutku apliciranja $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$, dok su E_{ns} i E_{ps} modul elastičnosti prethodno nezategnute i prethodno zategnute armature u preseku.

$$\alpha_{ns} = \frac{E_{ns}}{E_c(t)} ; \quad \alpha_{ps} = \frac{E_{ps}}{E_c(t)} \quad (6)$$

$$A = \int dA ; \quad S_x = \int y \cdot dA ; \quad S_y = \int x \cdot dA \quad (7)$$

$$J_x = \int y^2 \cdot dA ; \quad J_y = \int x^2 \cdot dA ; \quad J_{xy} = \int x \cdot y \cdot dA \quad (8)$$

Nakon diferenciranja osnovne mehaničke jednačine (4), i zamena sile dekompresije u jednačine (1), (2) i (3) dobijaju se $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$. One se primenjuju u preseku sa prslinom. Promene dilatacija i krivina u betonu, u stanju dekompresije, mogu se prikazati sledećom j-nom:

$$\begin{Bmatrix} \Delta \varepsilon_0 \\ \Delta \rho_x \\ \Delta \rho_y \end{Bmatrix}_{dec.} = \frac{1}{E_c(t)} \cdot \begin{Bmatrix} -\sigma_0(t) \\ -\gamma_x(t) \\ -\gamma_y(t) \end{Bmatrix} \quad (9)$$

gde je:

ε_0 -dilatacija u posmatranoj tački

$\rho_x = d\varepsilon / dy$ – krivina oko ose x

$\rho_y = d\varepsilon / dx$ – krivina oko ose y

U bilo kom vlaknu preseka (x,y) promena dilatacije u stanju dekompresije je:

$$(\Delta \varepsilon)_{dec.} = (\Delta \varepsilon_0)_{dec.} + y \cdot (\Delta \rho_x)_{dec.} + x \cdot (\Delta \rho_y)_{dec.} \quad (10)$$

Dok je promena napona u armaturi u stanju dekompresije :

$$(\Delta \sigma_{ns})_{dec.} = E_{ns} \cdot (\Delta \varepsilon)_{dec.} \quad (11)$$

$$(\Delta \sigma_{ps})_{dec.} = E_{ps} \cdot (\Delta \varepsilon)_{dec.} \quad (12)$$

3 GRANIČNO STANJE PRSLINA

Nakon dostizanja stanja dekompresije pritisak u betonu je 0. Sada je potrebno odrediti raspodelu pritiska usled delovanja $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{(II)}$ na parcijalno prethodno napregnuti armirano betonski presek sa prslinom.

Narednim iterativnim postupkom određuje se položaj neutralne osovine. Problem se sastoji u određivanju raspodele deformacija i napona uz zadovoljenje uslova (13):

$$\begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \int \sigma \cdot dA \\ \int \sigma \cdot y \cdot dA \\ \int \sigma \cdot x \cdot dA \end{Bmatrix} \quad (13)$$

Napon u bilo kom vlaknu je funkcija dilatacija u skladu sa datim odnosima (sl.1) uz pretpostavku da će presek ostati ravan, dilatacija u bilo kom vlaknu se može izraziti kao:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \rho_x \cdot y + \rho_y \cdot x \quad (14)$$

Raspored dilatacija je definisan parametrima $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}$ koji će biti određeni iteracijom, kako bi jednačina (13) bila zadovoljena. Kao prvo, pretpostavlja se linearnost napona i dilatacija, pa je stoga, u prvoj iteraciji:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_0 \\ \rho_x \\ \rho_y \end{Bmatrix}_{i=1} = \frac{1}{E_c(t)} \cdot \begin{bmatrix} A & S_x & S_y \\ S_x & J_x & J_{xy} \\ S_y & J_{xy} & J_y \end{bmatrix}_{(I)}^{-1} \cdot \begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{Bmatrix}_{(II)} \quad (15)$$

Numeričkom integracijom, i korišćenjem prvih tri vrednosti parametara kao i datih odnosa napona i dilatacija definišu se računске vrednosti $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{calc}$ u j-ni (13).

Sada se može definisati rezidualni vektor:

$$\begin{Bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{Bmatrix}_{calc.} - \begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{Bmatrix}_{(II)} \quad (16)$$

Pomoću Nuwton-Raphsonove iteracije $\{R\}$ se prevodi u $\{R\}=\{0\}$:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial R_1}{\partial \varepsilon_0} & \frac{\partial R_1}{\partial \rho_x} & \frac{\partial R_1}{\partial \rho_y} \\ \frac{\partial R_2}{\partial \varepsilon_0} & \frac{\partial R_2}{\partial \rho_x} & \frac{\partial R_2}{\partial \rho_y} \\ \frac{\partial R_3}{\partial \varepsilon_0} & \frac{\partial R_3}{\partial \rho_x} & \frac{\partial R_3}{\partial \rho_y} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \Delta \varepsilon_0 \\ \Delta \rho_x \\ \Delta \rho_y \end{Bmatrix}_{(I)} = - \begin{Bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{Bmatrix} \quad (17)$$

Rešavanje ove j-ne daje inkrementalne vrednosti parametara dilatacija, što vodi korigovanim (poboljšanim) iterativnim vrednostima:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_0 \\ \rho_x \\ \rho_y \end{Bmatrix}_{(i)} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_0 \\ \rho_x \\ \rho_y \end{Bmatrix}_{(i-1)} + \begin{Bmatrix} \varepsilon_0 \\ \rho_x \\ \rho_y \end{Bmatrix}_{(i)} \quad (18)$$

Dalje se može napisati:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial R_1}{\partial \varepsilon_0} & \frac{\partial R_1}{\partial \rho_x} & \frac{\partial R_1}{\partial \rho_y} \\ \frac{\partial R_2}{\partial \varepsilon_0} & \frac{\partial R_2}{\partial \rho_x} & \frac{\partial R_2}{\partial \rho_y} \\ \frac{\partial R_3}{\partial \varepsilon_0} & \frac{\partial R_3}{\partial \rho_x} & \frac{\partial R_3}{\partial \rho_y} \end{bmatrix} \cong E_c(t) \cdot \begin{bmatrix} A & S_x & S_y \\ S_x & J_x & J_{xy} \\ S_y & J_{xy} & J_y \end{bmatrix}_{(II)} \quad (19)$$

Za bilo koje iterativne vrednosti $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}$, jednačina neutralne ose je:

$$\varepsilon_0 + \rho_x \cdot y + \rho_y \cdot x = 0 \quad (20)$$

Matrica iz jednačine (19) uz primenu prvih vrednost $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}$ se može koristiti u svim koracima iteracije.

3.1 KRITIČNA ŠIRINA PRSLINA

"Kritična" širina prsline se može prikazati jednačinom:

$$w_m = s_{rm} \cdot \zeta \cdot \Delta \varepsilon_{s(II)} \quad (21)$$

Gde je s_{rm} "kritični" razmak prsline, prikazan empiriskom jednačinom prema [3]:

$$\zeta = 1 - \beta \cdot \left(\frac{f_{ct}}{\max \Delta \sigma_1} \right)^2 \quad (22)$$

gde je:

f_{ct} -čvrstoća betona na zatezanje

$\beta=0,50$ -za dugotrajna i više puta ponovljena opterećenja

${}_{max}\Delta\sigma_I; \Delta\varepsilon_{s(II)}$ -maksimalni pritisak u ekstremno pritisnutom vlaknu i dilatacija u čeliku na osnovu sila $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}_{(II)}$ u odsustvu sila dekompresije.

Vrednost ${}_{max}\Delta\sigma_I$ se mora sračunati za transformisani neisprskali presek, dok se $\Delta\varepsilon_{s(II)}$ mora sračunati za presek sa prslinom. Stoga širina prsline zavisi od promene dilatacije u čeliku za presek sa prslinom, a ne zavisi od totalne dilatacije čelika. Kada su potrebne promene mesta članova, ona se određuje numeričkom integracijom parametara dilatacija $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}_m$ preko dužine člana, gde indeks pokazuje vrednosti dobijene interpolacijom između $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}_{(I)}$ i $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}_{(II)}$, u stanjima *I* i *II*, pri čemu je interpolacija izvedena korišćenjem koeficijenta ζ :

$$\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}_m = (1 - \zeta) \cdot \{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}_{(I)} + \zeta \cdot \{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}_{(II)} \quad (23)$$

4 ZAKLJUČAK

Razmatran je prethodno napregnuti presek u opštem obliku. Pretpostavljeno je da je stanje napona i dilatacija u posmatranom trenutku vremena poznato, odnosno određeno obuhvatajući redistribuciju usled skupljanja i tečenja betona kao i relaksaciju prethodno zategnute armature.

U posmatranom trenutku vremena apliciraju se dodatne sile $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$ dovoljnog inteziteta da izazovu pojavu prve prsline u preseku. Iz uslova ravnih preseka sledi da je stanje deformacija određeno trima parametrima $\{\varepsilon_0, \rho_x, \rho_y\}$. Ovi parametri su određeni iteracijom uz zadovoljenje uslova da odgovarajući napon ima tri komponente jednake poznatim silama: $\{\Delta N, \Delta M_x, \Delta M_y\}$.

LITERATURA

- [1] Ghali, A. and Favre, R., Concrete Structures: Stresses and Deformations, Second Edition, E&FN Spon (Chapman and Hall), London, New York, 1994, 444 pp.
- [2] Kawakami, M., and Ghali, A., "Time-Dependent Stresses in Prestressed Sections of General Shape." PCI JOURNAL", V, 41, No. 3, May-June 1996, pp. 96-105
- [3] Eurocode 2: Design of concrete structures-Part 1: General rules and rules for buildings (prEN 1991-1), Revised final draft, CEN/TC 250/SC 2, N0446, 2002, 226p.

CRACKING AND DEFORMATIONS OF PARTIALY PRESTRESSED CONCRETE SECTIONS

Summary: An iterative procedure is presented for determining the stresses and strains in partially prestressed concrete sections of general shape. The analysis is extended to determine the ultimate combination of axial forces and moments that produces failure.

Key words: *partially prestressed concrete, decompression, cracking, deformation, redistribution*

APPLICABILITY OF THE NON-LINEAR WALL MODELS

Sigmund, Vladimir¹
Kalman, Tanja²
Guljaš, Ivica³

UDK:692.29:699.88

INTRODUCTION

The Eurocode8 allows the extension of linear into nonlinear analysis in order to design new buildings and evaluate strength of the existing ones. There are various mathematical models available for analysis of the wall nonlinear response during earthquake excitation. They could be divided in two main groups: microelement (local-FEM, fiber, etc.) and macro element (global- beam-column, MVLEM, etc.) models. While micro models appear to be useful for analysis of the local behavior, macro models give a good idea of expected lateral drifts during inelastic response. This paper compares the results obtained by various numerical models to the experimental data.

The applicability of wall models: microelement model used in ZeusNL (Elnashai, 2004.), multiple-vertical-line-element with- and without shear spring used in Ruaumoko (Athol, 2003.) and one component beam-column (wall) element used in LarzWD (Lopez, 1988.) and its modification in (Sigmund, 2000.) have been verified by comparing the calculated results with the experimental results obtained during the two European large-scale shake table tests. The nonlinear dynamic responses of the four numerical wall models made for the two model structures were analyzed in terms of response waveforms, maximum displacements and base shears, inter-story drifts and stiffness degradation.

Keywords: earthquake, non-linear wall models, comparison, results quality evaluation

RC CANTILEVER-WALL TESTS

Large-scale RC cantilever structural walls were studied in the frame of the CAMUS (Conception et Analise des Murs sous Séisme) program on the shaking table at the CEA, Saclay in France. Within the CAMUS3 (Combescure, 2000.), the wall was designed according to the EC8 standard. The project was supported by international benchmark studies (blind analytical predictions and after test numerical simulation).

¹ Sigmund, Vladimir, *University J.J.Strossmayer in Osijek, Faculty of Civil Engineering, Drinska 16a, 31000 Osijek, Croatia*

² Kalman, Tanja, *University J.J.Strossmayer in Osijek, Faculty of Civil Engineering, Drinska 16a, 31000 Osijek, Croatia*

³ Guljaš, Ivica, *University J.J.Strossmayer in Osijek, Faculty of Civil Engineering, Drinska 16a, 31000 Osijek, Croatia*

Within the ECLOLEADER Slo-wall test (Kante, 2005.) a shaking table test of a 1/3rd scaled specimen, representing relatively low, thin and lightly reinforced H-shaped structural wall with openings was performed. Seismic loading was applied in both horizontal directions at the same time.

Camus-III Model

The 1:3 scaled wall was approximately 5 meters high and weighed 36 tons. It was subjected to a series of accelerograms: (1)low level test Nice 0.22g; (2)high level near field earthquake Melendy Ranch 1.35g; (3)moderate level test Nice 0.64g; and (4)high level test Nice 1.00g.

Most important experimental results are summarized below:

The observed behavior was flexural and governed by a formation of the plastic hinge at the base.

Cracks were observed even before the test. These cracks appeared during the assembling of the specimen and particularly during the tightening of the walls to the floors. Main cracks were localized at the construction joints. No new cracks or extension of the existing cracks appeared until the Melendy Ranch 1.35g test. Severe damage occurred during this test.

Significant axial force variations appeared during response.

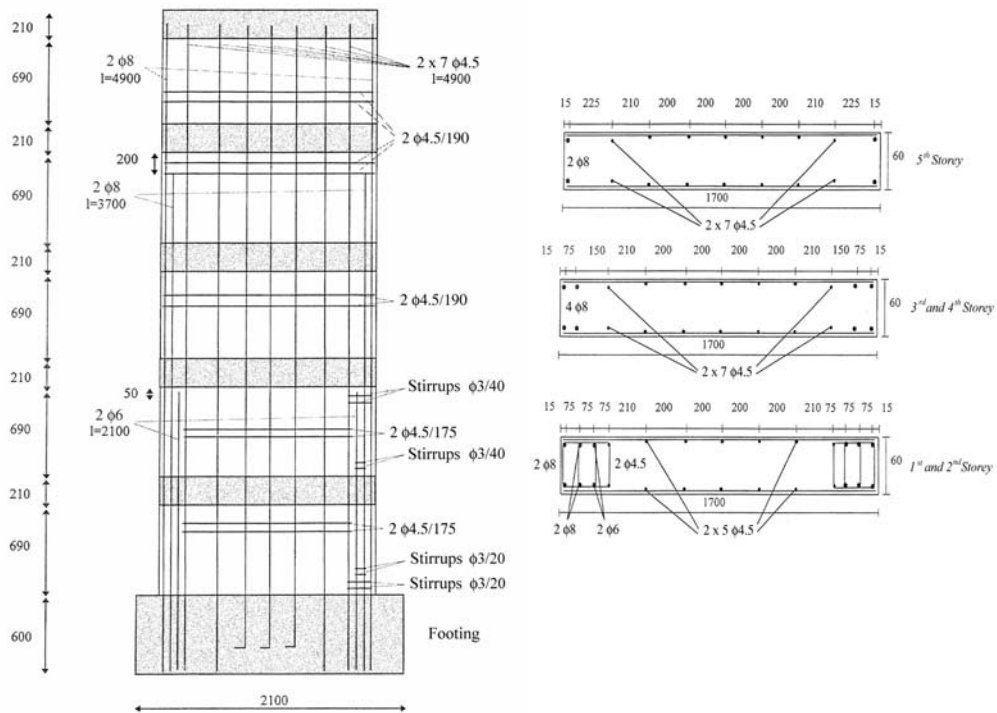


Fig. 1. R/C wall and reinforcement of the Camus III model

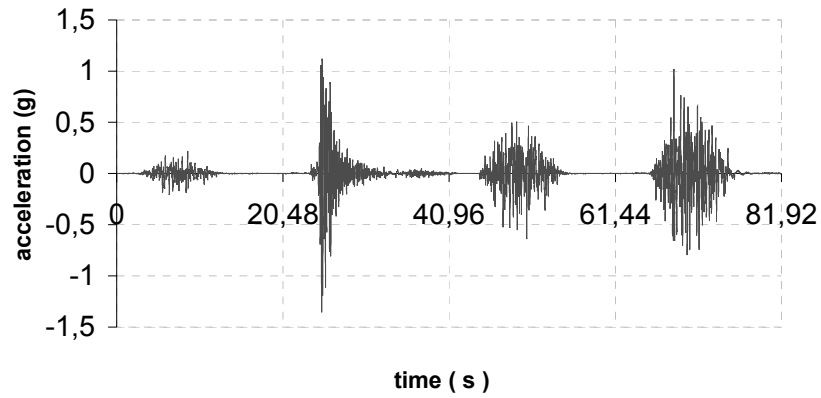


Fig. 2. Sequence of the seismic loading during the Camus III test

ECOLEADER Slo-Wall test

Ecoleader Slo-Wall was modeled in a scale 1:3 and represented 5-stories high H-shaped spatial wall. Its total height was 5.1 meters and it weighed 31.9 tons. Because of its shape it enabled behavior analysis of the slender wall structures, wall structures with regular openings and influence of the various reinforcement detailing models at the wall ends. The model was built and tested on a three axial shake table at LNEC- (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) in Lisboa, Portugal.

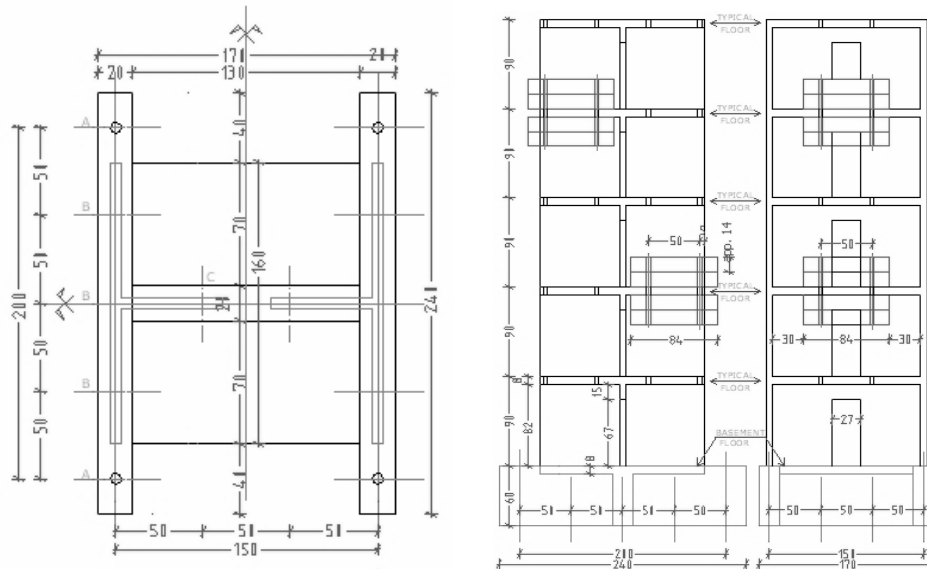


Fig. 3. R/C H shaped Slo-wall model elevation and ground floor

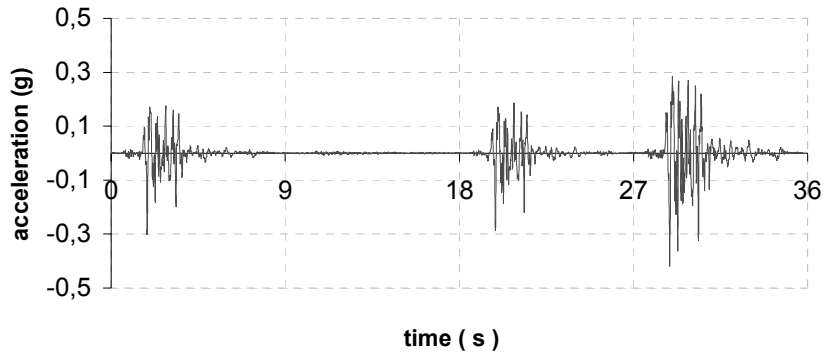


Fig. 4. Sequence of the seismic loading during the ECOLEADER Slo-Wall test

It was subjected to a series of 6 accelerograms acting at the same time in two horizontal directions. The acceleration used was Tolmezzo-Diga Ambieste record modified so that their response spectrum closely resembles the EC8 design response spectra. The maximal accelerations measured on the shake table were: (1)X=0.30g and Y=0.02g; (2)X=0.01g and Y=0.16g; (3)X=0.29g and Y=0.16g; (4)X=0.42g and Y=0.33g; (5)X=0.42g and Y=0.73g; and (6)X=0.52g and Y=1.02g.

Observed damage of the first run were visible cracks at the bottom of the longitudinal walls.

NUMERICAL MODELS

The analysis performed are limited to one plane and neglecting the out of plane deformations. Masses are concentrated at the floor levels. Geometry of the section, initial physical characteristics of the materials used (f_{sy} , f_{su} , $f_{c'}$, $f_{ct'}$, E_c , G_c , E_s , etc.) are the same for all models and were obtained from the measured mechanical characteristics. Equivalent viscous damping was assumed to be 2%. The numerical wall models were fixed to the shake table and its deformations were neglected in the calculations.

The computer codes used are: Ruaumoko (Athol, 2003.) with the Wall (R-wall) and Wall+Spring model (R-wall+spring), ZeusNonlinear (ZeusNL-wall, Elnashai, et al. 2004.) and LarzWD (LarzWD-wall, Lopez, et al. 1998.).

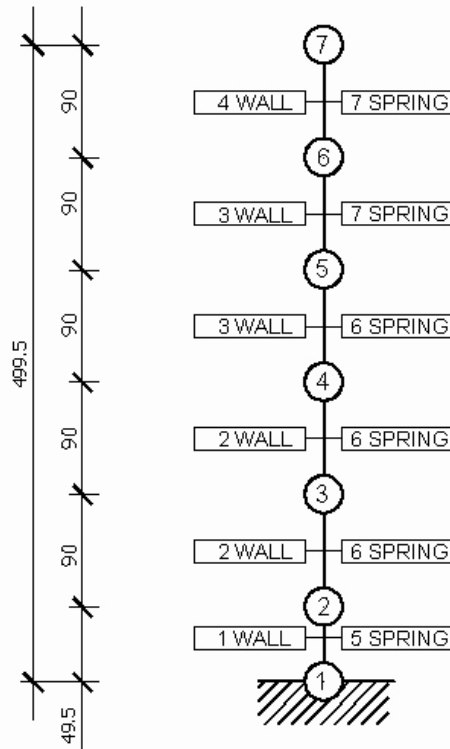


Fig. 5. Model of the Camus III wall

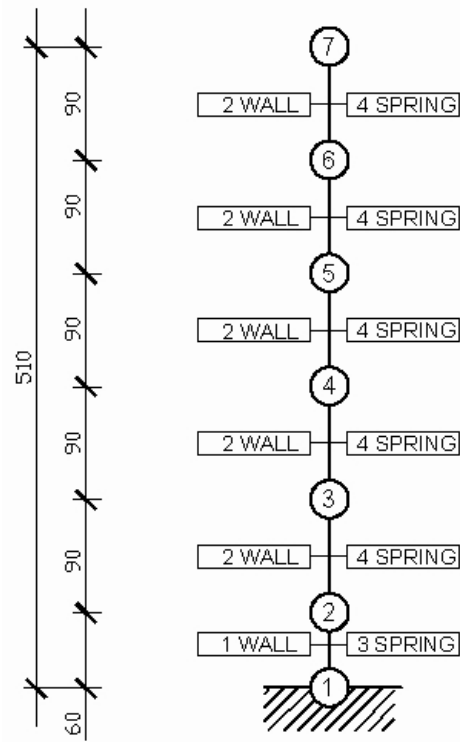


Fig. 6. Model of the Slo-wall

Tab. 1. Main material characteristics used for modeling

	Camus	Ecoleader Slo-model
f_c (MPa)	33.2	33.8
E_c (MPa)	31000	30000
ε_{cu}	0.012	0.008
f_y (MPa)	0.012	483
E_s (MPa)	200000	200000

Ruaumoko -Wall Model

Wall element applied in Ruaumoko is a filament type element used to represent reinforced concrete structural walls. The cross-section is represented by a series of segments each with its own concrete and steel areas. Plane sections are assumed to remain plane enabling computation of the effective cross-sectional area, moment of inertia and location of the neutral axis. A Lobatto quadrature is used to integrate along the member length. Different concrete and steel models are allowed and the one used are

presented in Fig. 5.

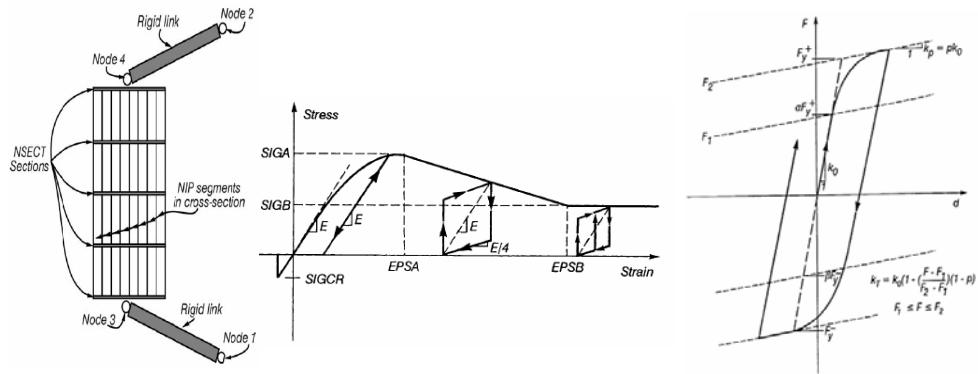


Fig.7. Wall Element with Kent&Park stress-strain relationship for concrete and Al Bermani stress-strain relationship for steel

Ruauumoko -Wall+Spring Model

As the filament wall model models flexural behavior and neglects the shear-wall behavior (assumes elastic shear behavior) along with the wall model we introduced a horizontal transverse spring with degradation in transverse stiffness as a function of rotational spring ductility. It was assigned a hyperbolic hysteresis rule for representation of the shear stress-shear strain relationship.

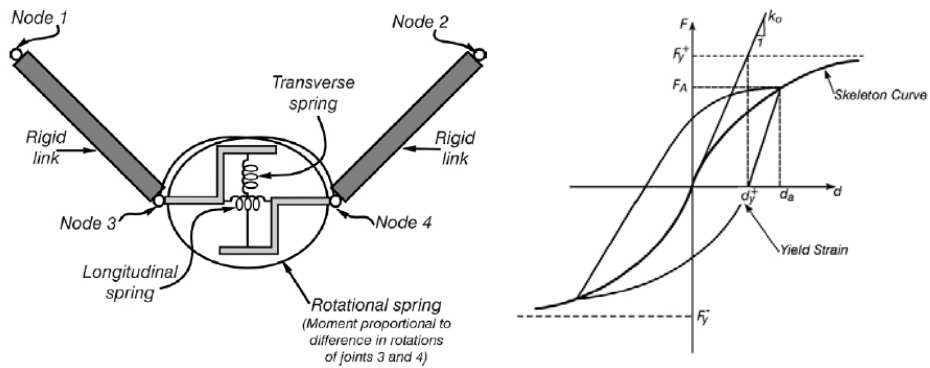


Fig.8. Transverse Shear Spring Element and assigned hyperbolic hysteresis rule for shear

ZeusNL model

Zeus-NonLinear (ZeusNL) is a user-friendly program for nonlinear dynamic analysis based on the principles of continuum mechanics and micro material definition (FEM). Concrete and steel are defined by their nonlinear stress-strain properties. Material non-linearity is defined by smeared crack approach thus enabling the spread of inelasticity along the member width and length.

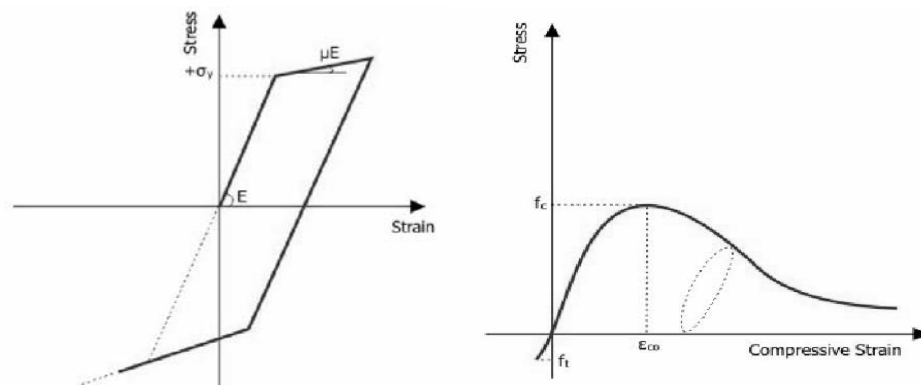


Fig.9. Material characteristics used for concrete and steel in ZeusNL wall-element

LarzWD - Wall Model

The LARZ program had been developed through calibration using results from dynamic tests of reinforced concrete structural systems incorporating frames and walls. In the nonlinear response of wall elements flexural and shear components contribute to deformations. Stiffness of the wall elements degrades along the member height depending on the moment distribution (Fig. 8.). Hysteresis in flexure is defined by the rules set in (Takeda, 1970), and in shear it operates on a similar tri-linear primary curve symmetric about the origin and with unloading and re-loading path passing through the origin (origin oriented).

Inelastic behavior of members is formulated on the basis of tests of members as explained in (Sigmund et al. 2000.). The set of empirical equations was derived for cracking moment (M_c), initial stiffness ($6EK$), yielding moment (M_y) and stiffness reduction at yield (K_y). They completely define the idealized tri-linear moment-rotation ($M-\phi$) relationship for members in that way bond-slip of reinforcement is already taken into account. Axial force is assumed to remain constant during the excitation.

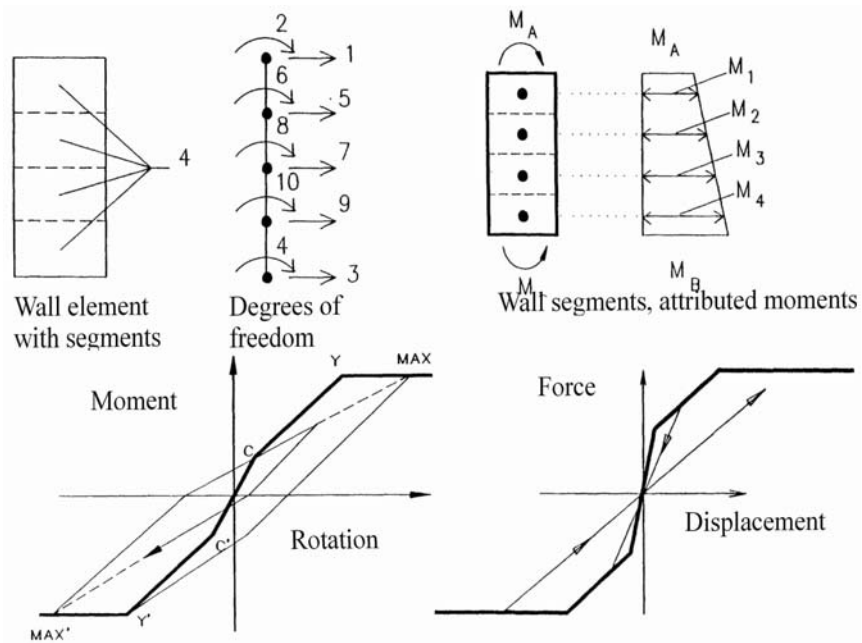


Fig.10. Wall Element and Hysteresis rules

CALCULATED RESULTS

The outlined numerical models were used for calculation of the wall's seismic response. Seismic excitations used were the same as in the outlined experiments and they were applied continually so that stiffness degradation would be taken into account. The runs used in CamusIII and in Slo-Wall test could be considered as life safety runs (medium to high damage level).

Tab. 2. Measured and calculated response waveforms for the second seismic record of the Camus III test

Camus	
load	<p style="text-align: center;">acceleration (g)</p> <p style="text-align: center;">time (s)</p>
Ruaumoko -wall	<p style="text-align: center;">dxr6 (mm)</p> <p style="text-align: center;">time (s)</p> <p style="text-align: center;">— experiment — ruaumoko correlation =0.702524</p>
Ruaumoko -wall+spring	<p style="text-align: center;">dxr6 (mm)</p> <p style="text-align: center;">time (s)</p> <p style="text-align: center;">— experiment — ruaumoko correlation =0.701097</p>
Zeus NL-wall	<p style="text-align: center;">dxr6 (mm)</p> <p style="text-align: center;">time (s)</p> <p style="text-align: center;">— experiment — zeus correlation =0.516853</p>
LarzNL-wall	<p style="text-align: center;">dxr6 (mm)</p> <p style="text-align: center;">time (s)</p> <p style="text-align: center;">— experiment — larz correlation =0.778875</p>

The results calculated with four models are compared to the experimental ones obtained during two shaking table tests.

In the tables bellow presented are the calculated results:

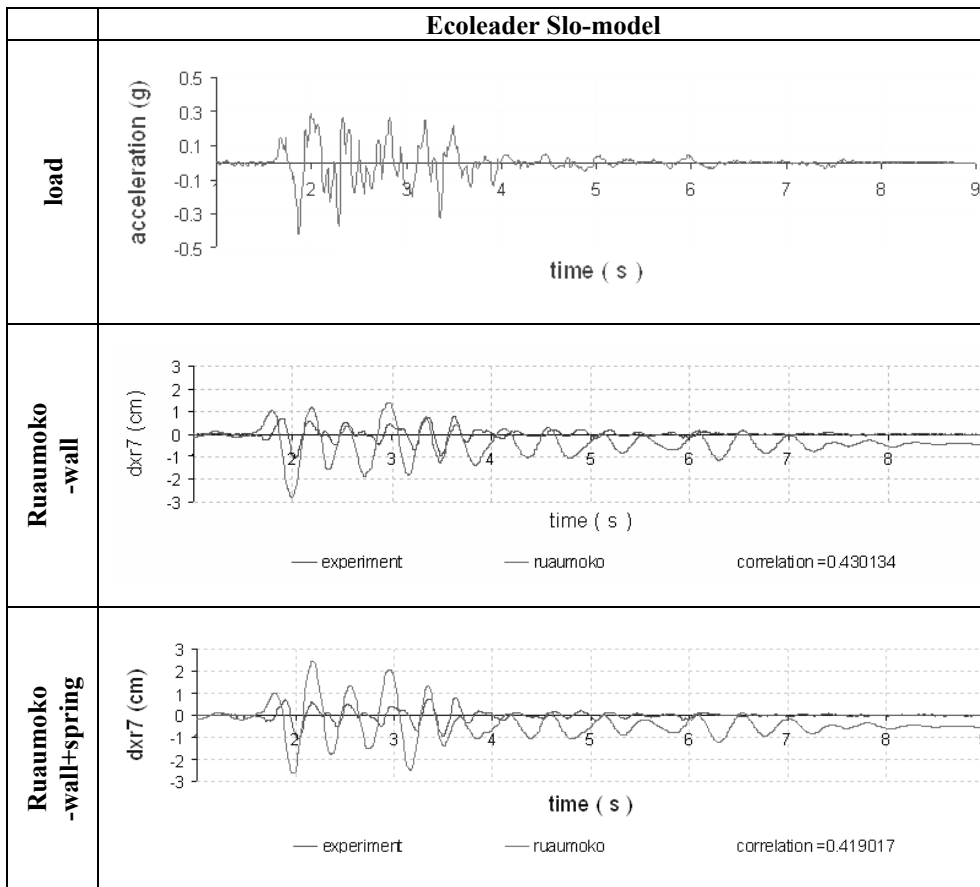
-shake table accelerations, overlapped experimental and calculated response waveforms

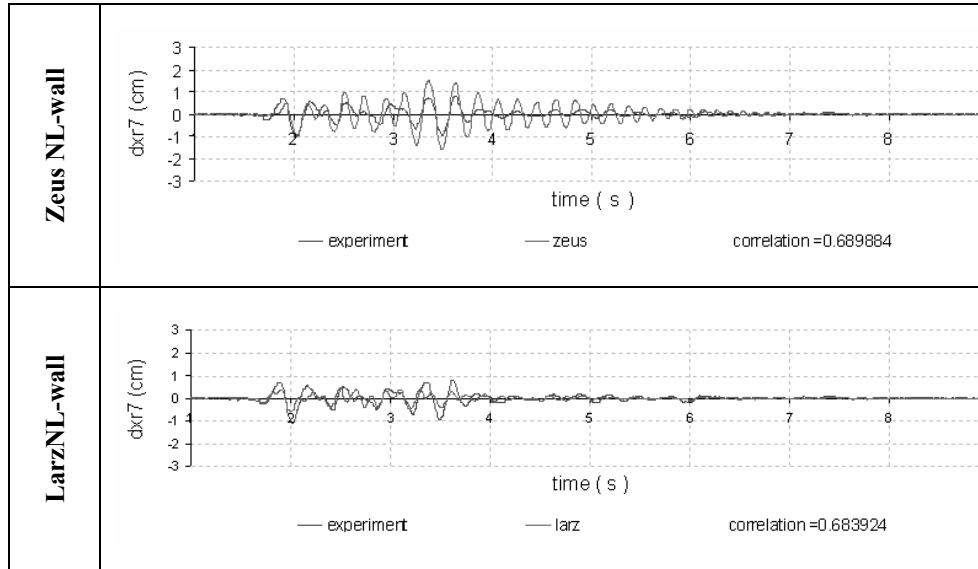
of: top-level displacement, base shear and inter-story drift of the first story.

-correlation between experimental and calculated waveforms, maximal response values

(min/max) for top-level displacement, base shear and inter-story drift; stiffness degradation (natural periods before and after the test).

Tab. 3. Measured and calculated response waveforms for the fourth seismic record of the Slo-wall test





Tab. 4. Measured and calculated results of characteristic values

		Camus III					Ecoleader Slo-WALL				
		exsp	wall R	w+s R	wall Z	wall L	exsp	wall R	w+s R	wall Z	wall L
Correlation	dxr6	1	0.7	0.7	0.52	0.78	1.00	0.43	0.42	0.69	0.68
	IDR23	1	0.64	0.65	0.54	0.73	1.00	0.28	0.26	0.55	0.54
	BS	1	0.56	0.62	0.4	0.76	1.00	0.06	0.09	0.56	0.71
Max / Min values	MDR	0.51	0.6	0.45	0.51	0.4	0.16	0.27	0.48	0.29	0.09
	%	-0.71	-0.25	-0.65	-0.77	-0.75	-0.21	-0.55	-0.52	-0.31	-0.11
	IDR	0.87	0.1	0.28	0.45	0.6	0.33	0.12	0.20	0.12	0.06
	%	-0.5	-0.34	-0.18	-0.3	-0.34	-0.48	-0.27	-0.24	-0.13	-0.07
	BS (kN)	148.4	107.5	159.5	122.5	154.7	127.00	34.42	35.37	94.40	52.21
	Max/Min	-151.5	-66.81	-155.4	-158.9	-100.8	-160.30	-30.71	-41.13	-110.04	-70.88
Period	T0 (s)	0.15	0.15	0.16	0.1	0.11	0.15	0.11	0.12	0.12	0.12
	T1 (s)	0.22	0.31	0.33	0.24	0.2	0.23	0.42	0.41	0.11	0.16

Tab. 5. Normalized measured and corresponding calculated results

		Camus III					Ecoleader Slo-WALL				
		exsp	wall R	w+s R	wall Z	wall L	exsp	wall R	w+s R	wall Z	wall L
Correlation	dxr6	1	0.70	0.70	0.52	0.78	1	0.43	0.42	0.69	0.68
	IDR23	1	0.64	0.65	0.54	0.73	1	0.28	0.26	0.55	0.54
	BS	1	0.56	0.62	0.40	0.76	1	0.06	0.09	0.56	0.71
Max / Min values	MDR %	1	1.18	0.88	1.00	0.78	1	1.74	3.07	1.89	0.58
		-1	-0.35	-0.92	-1.08	-1.06	-1	-2.67	-2.48	-1.50	-0.54
	IDR %	1	0.11	0.32	0.52	0.69	1	0.36	0.62	0.38	0.18
		-1	-0.68	-0.36	-0.60	-0.68	-1	-0.57	-0.50	-0.27	-0.15
	BS (kN)	1	0.72	1.07	0.83	1.04	1	0.27	0.28	0.74	0.41
		-1	-0.44	-1.03	-1.05	-0.67	-1	-0.19	-0.26	-0.69	-0.44
Period	T0 (s)	1	1.00	1.07	0.67	0.73	1	0.74	0.80	0.77	0.77
	T1 (s)	1	1.41	1.50	1.09	0.91	1	1.83	1.80	0.48	0.70

Where: Dxr6=roof displacement; ID23=interstory displacement of the first story; BS=base shear; MDR=mean/drift ratio=roof displacement/building height; IDR=interstory drift ratio=interstory displacement/story height; To=initial model natural period; T1=natural period after the test. WallR=Ruaumoko wall model; W+S-R=Ruaumoko wall and spring model; Wall-Z=ZeusNL model; WallL=LarzWD model

If we analyze the obtained results and try to compare them, than following could be observed:

Camus III results: Quality of the presented time history response waveforms were in order LarzWD(0.75), Ruaumoko(0.68) and ZeusNL(0.53). Mean-drift-ratios and Base-shear were good represented by ZeusNL, LarzWD and Ruaumoko Wall+Spring model (0.90-1.05). Inter-story-drift ratios were satisfactorily represented only by LarzWD and ZeusNL (0.69-0.58) while both Ruaumoko models failed. The same conclusion is valid for period estimates.

Slo-Wall results: Quality of the presented time history response waveforms was well represented by LarzWD and ZeusNL. Both Ruaumoko models produced poor representation of the measured waveform. Mean-drift-ratios were underestimated by LarzWD, overestimated by ZeusNL and greatly overestimated by Ruaumoko. All models underestimated inter-story drift ratios. Base-shear was good represented by LarzWD, ZeusNL and underestimated by Ruaumoko models.

Average results for both tested models: The best correlation coefficient of the measured and calculated response waveforms has LarzWD (0.68), ZeusNL (0.58), Ruaumoko (0.51) and Ruaumoko W+S (0.48). The best average estimate of the MDR has LarzWD (0.76), ZeusNL(1.36), Ruaumoko (1.48) and Ruaumoko W+S (1.83). The best estimate of the Base-shear has LarzWD (0.85), ZeusNL(1.18), Ruaumoko W+S (0.80) and Ruaumoko (0.50).

CONCLUSIONS

The study reported in this paper compares the results of different numerical approaches for modeling the earthquake response of reinforced concrete walls. The numerical results are compared to the experimental data. Two different analytical approaches (micro- and macro element models), three computer codes and four different numerical models were used for simulating the nonlinear earthquake response of the two model structures tested on a shaking. Using the input values suggested by the authors of the models, knowing the structural geometry, material characteristics and input earthquake accelerations the measured structural responses were simulated.

Measured and calculated waveforms were much better represented in the region of large displacements while representation of the first story waveforms was poor, but it should be noted that the amount of displacements was also very small. Top-level displacement histories were better represented than that of a first level. It seems that the first story waveforms are more sensitive to small differences in evaluated stiffness properties.

Stiffness characteristics, calculated by stress-strain approach depend upon the value of bond stress. This value is difficult to estimate. Because less input data and less knowledge of material characteristics is needed, the empirical approach seems as easier to use. Bond slip of reinforcement must be included in the evaluation of force deformation relationship. It is implicitly included only in the Larz-Wall model by defining the primary curve elements based on the empirical data. Larz-Wall model, though fairly simple one component model with concentrated nonlinearities at the ends with inclusion of the empirically obtained primary curve elements turned out better results than more sophisticated elements.

Microelement model have no visible advantages over macroelement model. Considering many uncertainties involved in establishing input design motion, material characteristics and member behavior, simple macro-element model gives a good idea of expected lateral drifts and maximal responses during inelastic earthquake response of structures and is justified for engineers' usage.

REFERENCES

1. Athol, J.C., RUAUMOKO-2D Inelastic Dynamic Analysis, University of Canterbury, NZ, 2003.
2. Combescur, D., and Chaudat, Th., ICONS European program seismic tests on r/c bearing walls, CAMUS 3 Specimen, *CEA Report DMT*, Saclay, France, 2000.
3. Elnashai, A. et al, 2004. ZeusNL, University of Illinois at Urbana/Champaign, USA, 2004.
4. Fischinger, M., Sigmund, V., Contemporary analysis methods of R/C walls, *Slo-Hr Research project*, University of Ljubljana and University of Osijek, Slovenia and Croatia, 2005.
5. Kante, P., Seismic Vulnerability of RC Structural Walls, *Ph.D. Thesis*, University of Ljubljana, Slovenia, 2005.

6. Lopez, R. and Sozen, M.A., A Guide to Data Preparation for LARZWD and LARZWS Computer Programs for Non-linear Analysis of Planar Reinforced Concrete Structures Incorporating Frame and Walls, University of Illinois, Urbana, IL., 1988.
7. Sigmund, V., Guljaš, I., Blind prediction and after test analysis of the seismic response of cantilever structural wall, *7NCEE*, Boston, MA, 2002.
8. Sigmund, V., Brana, P., Herman, K., Two methods for estimating nonlinear characteristics of r/c frame members, *the Third Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering*, Istanbul, 2000.

PRIMENLJIVOST NELINEARNIH MODELA ZA ZIDOVE

Rezime: Eurokod 8 dozvoljava proširenje sa linearne na nelinearnu analizu u svrhu dimenzionisanja novih i proveru nosivosti postojećih zgrada. Postoje različiti matematički modeli za analizu nelinearnog ponašanja zidova usled dejstva zemljotresa. Oni bi mogli da se podele u dve glavne grupe: modeli na mikro nivou (lokalni-MKE, vlakna, itd.) i na makro nivou (globalni- greda-stub, MVLEM, itd.). Sa jedne strane, čini se da modeli na mikro nivou daju korisne rezultate pri analizi lokalnog ponašanja dok makro modeli, sa druge strane, daju dobar pregled očekivanih horizontalnih pomeranja u slučaju nelinearnog ponašanja. U ovom radu se vrši poređenje rezultata dobijenih na različitim numeričkim modelima sa rezultatima eksperimenata.

Primenjeni numerički modeli zidova: model na mikronivou korišćen u ZeusNL (Elnashai, 2004), višestruki-vertikalni-linijski-element sa i bez transverzalnih opruga korišćen za Ruaumoko (Athol, 2003) i jednokomponentni greda-stub (zid) element korišćen u LarzWD (Lopez, 1988) kao i njegove modifikacije (Sigmund, 2000), su provereni preko poređenja proračunskih rezultata sa rezultatima dva evropska eksperimenta sprovedena na modelima velikih razmera na dinamičkom stolu. Nelinearno ponašanje četiri numerička modela zida za dva eksperimentalna modela zidnih konstrukcija su analizirana kroz oblike oscilovanja, maksimalna pomeranja, transverzalne sile u osloncu, relativna horizontalna pomeranja spratova i pad krutosti.

Ključne reči: zemljotres, nelinearni model zida, poređenje, rezultati, kvalitet, procena

VIBRACIJE DRVENIH TAVANICA

Boško Stevanović¹,
Nebojša Bunčić²,
Ivan Glišović³

UDK:692.526

Rezime: Ograničenje vibracija tavanica izazvanih ljudskim korakom kao opterećenjem je obično merodavan kriterijum pri projektovanju lakih drvenih međuspratnih tavanica. U ovom radu je prikazana metodologija koja je prihvaćena u Evrokodu 5, a ima za cilj da predvidi postojanje neprihvatljivih vibracija. Kriterijum je zasnovan na sledeća tri parametra: osnovnoj frekvenciji oscilovanja, ugibu usled jedinične statičke sile i brzini vibracije usled jediničnog impulsa. Dati postupak je ograničen na tavanice kraćeg i srednjeg raspona, preciznije na međuspratne tavanice čija je osnovna frekvencija oscilovanja veća od 8 Hz.

Ključne reči: tavanica, vibracija, upotrebljivost, frekvencija, ugib, sila, brzina, impuls.

1. UVOD

Vibracija (vertikalno kretanje) tavnica je problem graničnog stanja upotrebljivosti koji se odnosi na neudobnost sa aspekta upotrebe. Ovaj rad se bavi dinamičkim ponašanjem tavanica u uslovima „normalne upotrebe“. Termin „normalne upotrebe“ podrazumeva opterećenja koja su redovno prisutna pri svakodnevnom korišćenju konstrukcije. Generalno, problem vibracija može se svrstati u dve kategorije:

- kontinualno (neprekidno) vibriranje;
- trenutno (kratkotrajno) vibriranje.

Kontinualno vibriranje tavanica je prouzrokovano periodičnom silom nastalom učestalim ponavljanjem neke ljudske aktivnosti (igranje, vežbanje) ili od upotrebe mašina. Trenutno vibriranje je rezultat sile izazvane uobičajenom ljudskom aktivnosti kao što je kretanje ili udarom pri padu nekog predmeta.

U prošlosti, inženjeri su se mnogo više interesovali za probleme vibracija kao horizontalnog kretanja izazvanog opterećenjem kao što je vetar. Danas, kada je težnja da se tavanice izvode sa maksimiziranjem odnosa njihove nosivosti i težine, problem vibracija, kao vertikalnog kretanja tavanica postao je aktuelan predmet interesovanja mnogih istraživača. Intezivni istraživački projekti, pre svega u Kanadi i Švetskoj,

¹ Doc. dr Boško Stevanović, dipl inž građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, tel: 011/ 32 18 545, e-mail: bole@imk.grf.bg.ac.yu

² Asist. Nebojša Bunčić, dipl inž građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, e-mail: nebojsa@imk.grf.bg.ac.yu.

³ Asist. Ivan Glišović, dipl inž građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, e-mail: ivang@imk.grf.bg.ac.yu.

doprineli su boljem razumevanju problema vibracija. Glavni zaključci pomenutih istraživanja su kriterijumi za predviđanje i proračun prekomernih vibracija.

Za teške tavanice, kao što su tavanice napravljene od betona, vibracije prouzrokovane normalnim ljudskim kretanjem su generalno malo primetne. U poređenju sa betonskim, amplitude vibacionog odgovora ustanovljenog kod drvenih tavanica su relativno visoke. Razlog leži u činjenici da je amplituda odgovora inverzno proporcionalna sopstvenoj težini konstrukcije koja vibrira. Kako je ljudsko telo generalno osetljivo na vibracije, ovaj visok nivo odgovora (reakcije) tavanice može prouzrokovati neudobnost i preteranu uznemirenost korisnika. Stoga je praktično veoma važno zahtevati proveru (planiranje) vibracija kod lakih tavanica napravljenih od materijala kakvo je drvo.

Prema važećim propisima klasične drvene tavanice se proračunavaju po metodi dopuštenih napona, gde je naglasak na statičkom opterećenju. Stanje upotrebljivosti izraženo je na bazi izračunatog ugiba, koji mora biti u skladu sa dozvoljenim. Obzirom da su dozvoljene deformacione granice obično izražene na bazi iskustva sa namerom da se izbegnu neželjene posledice velikih deformacija ili pukotina, one kao takve nisu adekvatne sa aspekta upotrebljivosti.

2. LJUDSKA OSETLJIVOST NA VIBRACIJE

Ljudska osetljivost na vibracije je veoma kompleksan problem. Korisnici stambenih zgrada i drugih inženjerskih konstrukcija osećaju vibriranje na tri načina:

- vibriranje prouzrokuje silu u telu koja se oseća kao gubitak ravnoteže;
- vizuelna aluzija (relativno pomeranje predmeta u odnosu na posmatrača);
- zvučna aluzija (škripa, lupa ili zveket stvoreni usled kretanja konstrukcije).

Nivo vibracija koje čovek može da toleriše je individualan. Poznato je da vibracije koje su uznemiravajuće za jednu osobu ne moraju biti i za drugu. Zbog ovoga je veoma teško odrediti prag ljudske prihvatljivosti. Na osnovu prikupljenih eksperimentalnih informacija čovekova osetljivost na vibracije:

- povezana je sa ubrzanjem vibracija čija je frekvencija manja od 8 Hz;
- povezana je sa brzinom vibracija čija je frekvencija veća od 8 Hz;
- raste sa trajanjem vibracija;
- opada sa blizinom u odnosu na izvor vibracija;
- opada sa fizičkim aktivnostima.

3. VIBRACIJE IZAZVANE LJUDSKIM KORAKOM

Dinamička sila izazvana ljudskim kretanjem zavisi od mnogo faktora kao što su: karakteristike i broj osoba koje vrše kretanje, aktivnosti koja je preduzeta (hodanje, trčanje, skakanje), sinhronizovanosti grupe i karakteristike tavanice. Neprihvatljive vibracije drvenih tavnica obično su povezane sa dinamičkom silom od svakodnevnog hodanja, koja je eksperimentalno potvrđena i predstavljena funkcijom prikazanom na slici 1. Silu čine dve različite komponente:

- nisko frekventna komponenta (0-8 Hz) koja potiče od ustaljenog koraka;
- visoko frekventna komponenta (8-40 Hz) koja potiče od udara usled kontakta pete i površine tavanice.

U tekstu koji sledi prikazan je metod koji ima za cilj da predvidi postojanje neprihvatljivih vibracija. Metod se može primeniti samo na tavanice čija je osnovna frekvencija oscilovanja veća od 8 Hz. Kod tavanica koje imaju nižu osnovnu frekvenciju oscilovanja (<8 Hz) postoji realna opasnost od rezonancije, pa se problem mora posmatrati kao dinamički. Za pomenute tavanice preporuke date u ovom radu ne važe. Za pravougaonu tavanicu dimenzija $l \times b$, slobodno oslonjenu duž sve četiri strane i sa drvenim gredama raspona l , osnovna frekvencija tavanice f_1 se može aproksimativno sračunati jednačinom:

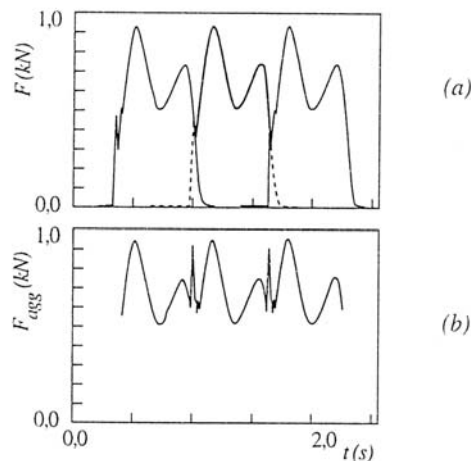
$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} \quad (\text{Hz}), \quad (1)$$

gde je:

m rasodeljena masa tavanice (kg/m^2);

l raspon tavanice (m);

$(EI)_l$ ekvivalentna krutost na savijanje tavanice oko ose upravne na pravac pružanja greda (Nm^2/m).



Slika 1. Uzastopne kontaktne sile F usled koraka pri normalnom hodanju čoveka (a) i odgovarajuća rezultujuća sila F_{agg} (b) [3]

Kako je osnovna frekvencija oscilovanja tavanice veća od 8 Hz, nisko frekventna komponenta sile izazvane ljudskim korakom proizvodi vibracije kod kojih je učešće mase tavanice potpuno beznačajno, pa se problem može posmatrati kao statički. Stoga se nisko frekventna komponenta može predstaviti statičkom koncentrisanom silom od 1 kN usled koje je potrebno odrediti ugib w , videti sliku 2. Vrednost ugiba u svakoj tački mora biti manja od granične vrednosti:

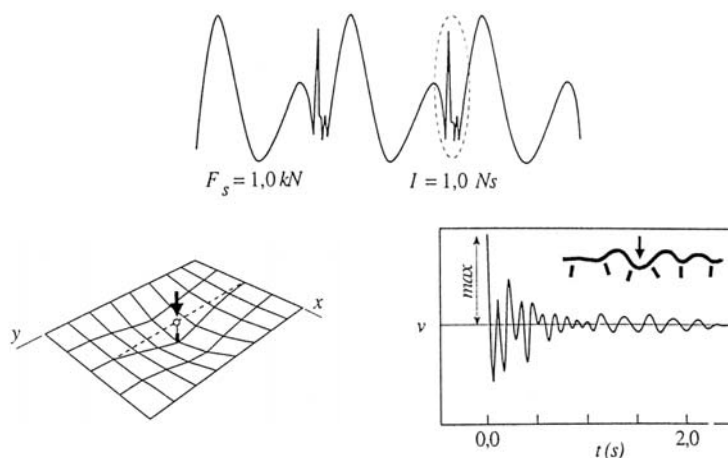
$$\frac{w}{F} \leq a \quad \text{mm/kN}, \quad (2)$$

gde je:

w maksimalni trenutni ugib od vertikalne koncentrisane sile F nanete na bilo koju tačku tavanice;

a granična vrednost ugiba.

Za visoko frekventnu komponentu sile izazvane ljudskim korakom (>8 Hz) većina istraživača smatra da je brzina vibriranja parametar koji najbolje opisuje čovekovu osetljivost na vibracije. Stoga se visoko frekventna komponenta može predstaviti kao jedinični impuls (1 Ns) usled koga je potrebno odrediti maksimalnu brzinu vibriranja tavanice, slika 2.



Slika 2. Tipična funkcija rezultujuće sile izazvane ljudskim korakom, prikazana odgovarajućom idealizovanom situacijom preko jedinične statičke sile F_s i jediničnog impulsa I (gore), rezultujući ugib w (dole levo) i funkcija brzine vibriranja tavanice $v(t)$ (dole desno) [3]

Pod pretpostavkom raspodeljene mase i krutosti tavanice, početna maksimalna brzina se može sračunati upotrebom jednačine:

$$v_{\max} = \sum_n \frac{\Phi_n^2}{m_n} \quad (m/s)/(Ns), \quad (3)$$

gde je Φ_n funkcija oblika oscilovanja za ton n , a m_n modalna masa za ton n . Radi lakšeg izračunavanja jednačine (3) usvojene su dve modifikacije. Prva se tiče sumiranja doprinosa različitih tonova oscilovanja. Eksperimentalni radovi su pokazali da je frekvencija dinamičke sile izazvane ljudskim korakom uglavnom manja od 40 Hz, te se stoga sumiranje može ograničiti na sve tonove sa svojstvenom frekvencijom manjom od 40 Hz. Druga modifikacija se odnosi na masu koju treba uključiti u račun. Modalne karakteristike (svojstvene frekvencije, oblici oscilovanja i modalne mase) se računaju za čistu masu tavanice. Pri izračunavanju brzine vibriranja predlaže se standardni dodatak od 50 kg svakoj modalnoj masi m_n . Ovaj dodatak predstavlja zamišljeni deo čovekove mase koji je pobuđen vibriranjem.

Sa učinjenim modifikacijama jednačina (3) je značajno uprošćena za uobičajni slučaj pravougaone tavanice slobodno oslonjene duž sve četiri strane. Ako su dimenzije tavanice $l \times b$ (m^2) i masa tavanice po jedinici površine m (kg/m^2), jednačina (3) se može zameniti jednačinom:

$$v_{\max} = \frac{(0,4 + 0,6 \cdot n_{40})}{(m \cdot b \cdot l + 200) / 4} \quad (m/s) / Ns, \quad (4)$$

gde n_{40} predstavlja broj tonova oscilovanja čija je svojstvena frekvencija manja od 40 Hz, a mbl masu tavanice. Standardni dodatak modalnoj masi od 50 kg, u imeniocu jednačine (4), prikazan je kao količnik 200/4. Broj n_{40} može se izračunati koristeći aproksimativan izraz prikazan jednačinom:

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right) \left(\frac{b}{l} \right)^4 \frac{(EI)_l}{(EI)_b} \right)^{0,25} \quad (Nm^2)/m, \quad (5)$$

gde je $(EI)_b$ ekvivalentna krutost na savijanje tavanice oko ose paralelne sa pravcem pružanja greda (Nm^2/m) i $(EI)_b < (EI)_l$.

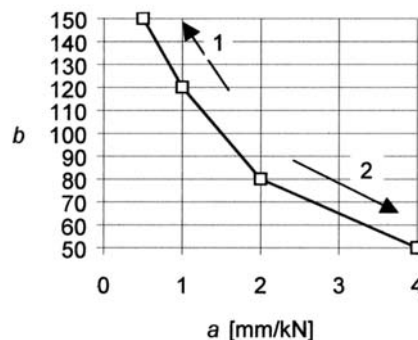
Na prikazani način veoma jednostavno se izračunava maksimalna brzina vibriranja usled idealnog jediničnog impulsa. Da bi ovaj parametar bio uporediv potrebno je definisati njegovu graničnu vrednost. Uzimanjem u obzir povoljan efekat kratkog trajanja vibracija, granična vrednost brzine vibriranja može se izraziti u zavisnosti od prigušenja tavanice. Najpodesnije je prigušenje u ovom kontekstu izraziti koeficijentom prigušenja σ_0 . Ovaj parametar prikazuje opadanje brzine vibriranja u odnosu na vreme. Koeficijent prigušenja definiše se kao:

$$\sigma_0 = f \cdot \zeta \quad (s^{-1}), \quad (6)$$

gde se za f može uzeti osnovna frekvencija tavanice f_1 , a modalno relativno prigušenje ζ uzeti da je 0,01 (1%) za uobičajne drvene tavanice. Relativno prigušenje je parametar čije vrednosti imaju veliko rasipanje. Ukoliko se uzme vrednost veća od 1% potrebno je pokazati da ta vrednost važi za ceo eksploatacioni vek konstrukcije. Granična vrednost brzine vibriranja u funkciji od koeficijenta prigušenja prikazana je jednačinom :

$$v_{\max} \leq b^{(f\zeta^{-1})} \quad m/(Ns^2), \quad (7)$$

gde se za f može uzeti osnovna frekvencija tavanice f_1 podeljena sa 1,0 Hz radi slaganja dimenzija. Vrednost parametra b kao i ranije spomenutog parametra a zavisi od njihove veze koju bi trebalo definisati Nacionalnim aneksom. Predlog koji daje EC5 prikazan je na slici 3.



1 Bolje karakteristike 2 Lošije karakteristike

Slika 3. Veza između parametara a i b sa preporučenim vrednostima [6]

4. ZALJUČAK

Granične vrednosti kriterijuma za vibracije koje proizvodi ljudski korak prikazane u ovom radu predstavljaju minimalne zahteve koje treba ispuniti. Obzirom da je stanje upotrebljivosti pitanje kvaliteta i karakteristika konstrukcije u odnosu na cenu, na investitoru je odluka koji stepen funkcionalnosti želi.

5. LITERATURA

- [1] Chui Y.H.: *Evaluation of vibrational performance of light-weight wooden floors*. Proceedings of the International Conference on Timber Engineering, Washington State University, Seattle, Washington, U.S.A., Vol.1, pp. 707-715, 1988.
- [2] Ohlsson S.V.: *A design approach for footstep-induced floor vibration*. Proceedings of the International Conference on Timber Engineering, Washington State University, Seattle, Washington, U.S.A., Vol.1, pp. 716-729, 1988.
- [3] Ohlsson S.V.: *Serviceability limit states – Vibration of wooden floors*. STEP 1, First Edition, Centrum Hout, The Netherland, A18/1-A18/8, 1995.
- [4] Smith I.: *Vibrations of timber floors: Serviceability aspects*. In: Timber Engineering, Ed. Thelandersson S. and Larsen H.J., John Wiley & Sons Ltd, The Atium, Southern Gate, Chichester, England, pp.241-266, 2003.
- [5] Filiatrault A., Folz B. and Foschi R.O.: *Finite-strip free vibration analysis of wood floors*. ASCE J. Structural Engineering, 166(8), pp. 2127-2142, 1990.
- [6] ENV 1995-1-1:1993. *Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings*, C.E.N., European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium.

VIBRATION OF TIMBER FLOORS

Summary: *The limitation of vibration of floors due to human footstep loading is often the governing design criterion for lightweight timber floor structures. The design method recommended in EC5 which aims at such limitation is reviewed. The method includes three design parameters: fundamental frequency, static flexibility and unit impuls velocity response. This guidelines is restricted to short and medium span floors, or more precisely to floors with a fundamental frequency higher than 8 Hz.*

Key words: *floor, vibration, serviceability, frequency, flexibility, force, velocity, impulse.*

Ekperimentalna analiza granične nosivosti AB stubova ojačanih VV zavrtnjima, polikarbonatnim laminatima i polikarbonatnim tkaninama i kratkih stubova od čelika

Ljubomir Vlajić¹
Miroslav Bešević²
Danijel Kukaras³
Marko Ostojić⁴

UDK: 624.078.46:005

Rezime: U radu su prikazani rezultati eksperimentalne uporedne analize granične nosivosti kratkih stubova. Ispitivani su stubovi od čelika i od armiranog betona. AB stubovi su podeljeni u 5 grupa: 1) sa ojačanjem od 7 VV zavrtnjeva, 2) sa ojačanjem od 4 VV zavrtnja, 3) sa ojačanjem od polikarbonatnih tkanina, 4) sa ojačanjem od polikarbonatnih laminata, 5) bez ojačanja. Čelični stubovi su od spojenih U profila izrađenih postupkom hladnog valjanja. Rezultati ovog rada predstavljaju smernice za dalja istraživanja u oblasti ojačanja AB stubova kao i osnovne podatke za sofisticiranu numeričku analizu predstavljenih problema.

Ključne reči: kratki stubovi, čelik, armirani beton, ojačanje, visokovredni zavrtnj, polikarbonatni laminati, polikarbonatne tkanine

1. ISPITIVANJE AB STUBOVA

1. 1. Opis problema i oblik probnih tela

U novije vreme za potrebe izrade montažnih AB konstrukcija i za potrebe različitih sanacija i rekonstrukcija, pojavljuje se vrlo često zahtev za primenu visokovrednih zavrtnjeva, polikarbonatnih tkanina i polikarbonatnih laminata. Ideja za izradu ovog rada proizašla je iz namere da se dobiju rezultati granične sile loma centrično pritisnutih stubova ojačanih VV zavrtnjima, polikarbonatnim tkaninama i polikarbonatnim laminatima. Preko ispitivanja modela stubova i dobijenih rezultata, izvršena je uporedna analiza nosivosti različitih stubova. U ovom radu je obrađeno pet grupa uzoraka:

- I grupa: -ojačana sa sedam visokovrednih zavrtnjeva,
- II grupa: -ojačana sa četiri visokovredna zavrtnja,
- III grupa: -ojačana sa polikarbonatnim tkaninama,
- IV grupa: -ojačana sa polikarbonatnim laminatima,
- V grupa: -neojačani AB stubovi.

Oblik i dimenzije uzoraka su određeni tako da u bliskoj razmeri odgovaraju stvarnim merama stubova u praksi, drugim rečima, ispitivani uzorci mogu se smatrati modelima

¹ Prof. dr Ljubomir Vlajić, dipl.ing.građ, Građevinski fakultet Subotica, Kozaracka 2a

² Prof. dr Miroslav Bešević, dipl.ing.građ, Građevinski fakultet Subotica, Kozaracka 2a

³ Mr Danijel Kukaras, dipl.ing.građ, Građevinski fakultet Subotica, Kozaracka 2a

⁴ Marko Ostojić, dipl.ing.građ, Građevinski fakultet Subotica, Kozaracka 2a

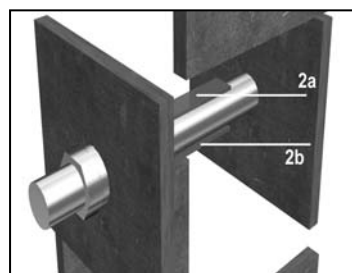
realnih prototipova. Zbog ispitivanja u laboratoriji, u presi, čiji je maksimalni hod (visina) 105 cm usvojeno je da visina stuba bude 100 cm. Poprečni presek je $b/h=13/13$ cm. Osnovni presek stuba svih uzoraka je armiran sa po 4RØ8 i uzengijama Ø6/9 cm. Ispitivanjem na standardnim kockama utvrđeno je da je postignuta marka betona: MB 50 kao i zatezna čvrstoća betona od 0.25 kN/cm^2 . Stubovi su dimenzionisani tako da im je vitkost iznosila približno $\lambda=25$, kako bi bio zadovoljen uslov iz PBAB '87 za stubove bez izvijanja.

1. 2. Unošenje i kontrola sile pritezanja

Sila pritezanja visokovrednih zavrtnjeva je unesena pomoću hidrauličnog uređaja a kontrola unesene sile pritezanja je vršena preko mernih traka, postavljenih na dva kontrolna zavrtnja prema *Slici 2*.



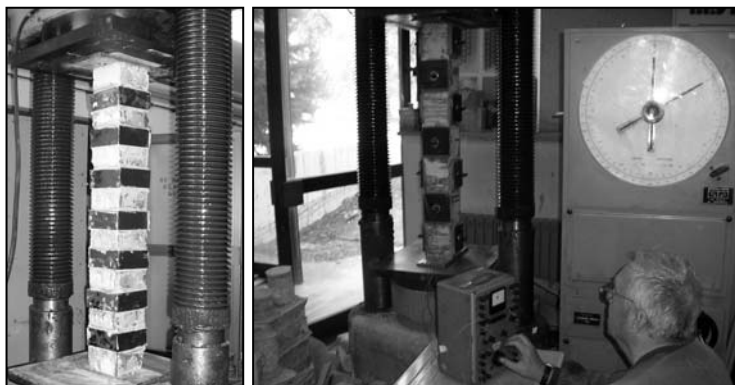
Slika 1. Grupe uzoraka: I, II, III-IV i V



Slika 2. Merne trake za kontrolu sile pritezanja

Srednja vrednost izmerenih veličina sile pritezanja nakon zaključavanja hidrauličnog uređaja i pre nanošenja opterećenja je iznosila $Z=39.64 \text{ kN}$.

1. 3. Ispitivanje uzoraka i prikaz rezultata ispitivanja



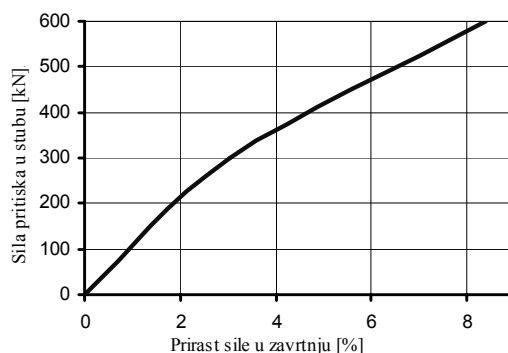
Slika 3. Tok ispitivanja

Na Slici 3, je prikazan deo ispitivanja koja su obuhvaćena ovim radom. Uzorak prikazan na levoj strani je AB stub ojačan polikarbonatnim laminatima dok je na desnoj strani slike uzorak koji je ojačan sa sedam VV zavrtnjeva. Kratak prikaz rezultata ispitivanja svih AB stubova sa datim procentualnim povećanjem nosivosti pojedinih grupa uzoraka u odnosu na V, etalonsku grupu je dat u *Tabeli 1*.

Uzorak	Sila loma [kN]				
	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Grupa IV	Grupa V
1	796	732	672	808	668
2	728	788	656	824	660
3	672	848	-	-	672
Srednja vrednost	732	789	664	816	666
Povećanje nosivosti	9.91%	18.47%	0%	22.52%	-

Tabela 1. Pregled rezultata ispitivanja granične nosivosti stubova

Na jednom od tri stuba ojačanih sa sedam visokovrednih zavrtnjeva je meren prirast sile u zavrtnju u zavisnosti od aplicirane sile pritiska u stubu (*Slika 4*).



Slika 4. Zavisnost prirasta sile u zavrtnju i sile pritiska aplicirane na stub

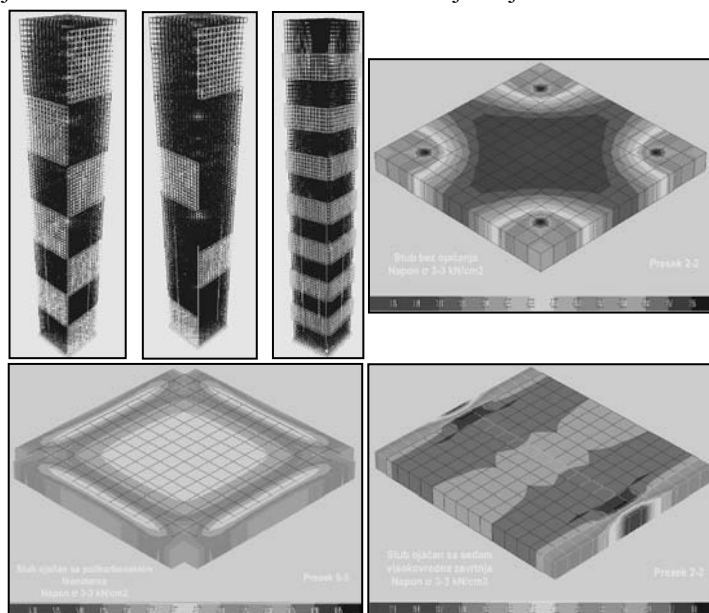
Iz dijagrama na *Slici 4*, može lako da se uoči da relativno povećanje sile u zavrtnjima ne prelazi vrednost od 10% čak i za opterećenja stuba koja su približna granici loma stuba.

1. 4. Kratak prikaz numeričkog modela i rezultata numeričke analize

Numerička analiza AB stubova je urađena u programu "SAP 2000". U ovome radu analizirano je ponašanje AB stubova pri centričnom pritisku u uslovima graničnog stanja. Poznato je da ovakvi konstruktivni elementi imaju krt lom pa je usvojena je pretpostavka o lineranoj vezi napona i deformacija. Usvojena je i pretpostavka da se prijanjanje između čelika i betona za sve vreme delovanja spoljašnjeg opterećenja ne narušava i da su deformacije betona i čelika iste. Prilikom formiranja numeričkih modela svih uzoraka uspostavljena je potpuna geometrijska sličnost sa stvarnim modelom. Betonski deo preseka kao i čelične ploče VV zavrtnjeva su modelirani sa 3D „solid”

elementima dimenzija 10x10x10 mm. Podužna armatura i uzengije su modelirane sa 3D „beam” elementima dužine 10 mm. Poređenje rezultata numeričke analize sa rezultatima eksperimenata potvrdilo je opravdanost ovakvih pretpostavki.

Zbog ograničenog prostora koji je bio na raspolaganju autorima, u ovom radu prikazan je samo manji deo numeričke analize koja je služila kao podrška sprovedenim eksperimentima kao prikaz mogućih razloga za različito ponašanje stubova sa ojačanjima u odnosu na referentne stubove bez ojačanja.



Slika 5. a) deo numeričkih modela, b) AB stub bez ojačanja, c) AB stub ojačan polikarbonatnim laminatima, d) AB stub ojačan VV zavrtnjima

Numerički prikazi stubova ojačanih sa sedam VV zavrtnjeva, sa četiri VV zavrtnja kao i numerički model stuba ojačanog sa polikarbonatnim laminatima dati su na Slici 5a. Slike 5b, 5c i 5d daju vizuelan prikaz rasporeda napona u betonu za stub bez ojačanja, sa ojačanjem od polikarbonatnih laminata i sa ojačanjem od VV zavrtnjeva.

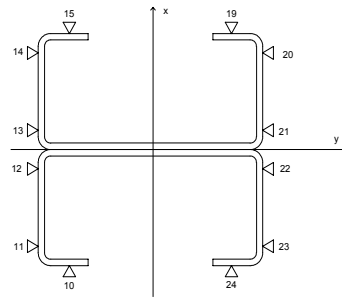
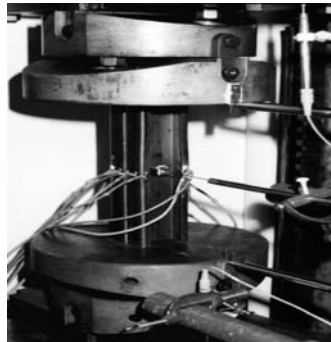
Raspored napona pritiska u betonu na tim slikama jasno prikazuje kako su preseci različito opterećeni. Naponi u središnjem delu neojačanog stuba su nešto veći dok je armatura u određenoj meri rasteretila beton u uglovima poprečnih preseka. Slike 5c i 5d pokazuju promenjen raspored napona u preseku pri istom vertikalnom opterećenju. Raspored napona u betonu je u oba ova slučaja ravnomerniji što donekle objašnjava povećanu nosivost stubova u tim slučajevima.

2. ISPITIVANJE ČELIČNIH STUBOVA

2.1. Opis problema i oblika probnih tela

Čelični stubovi koji su bili predmet ispitivanja u ovom radu sastoje se od dva profila koji formiraju složeni poprečni presek (Slika 5). Profili koji čine poprečni presek stuba

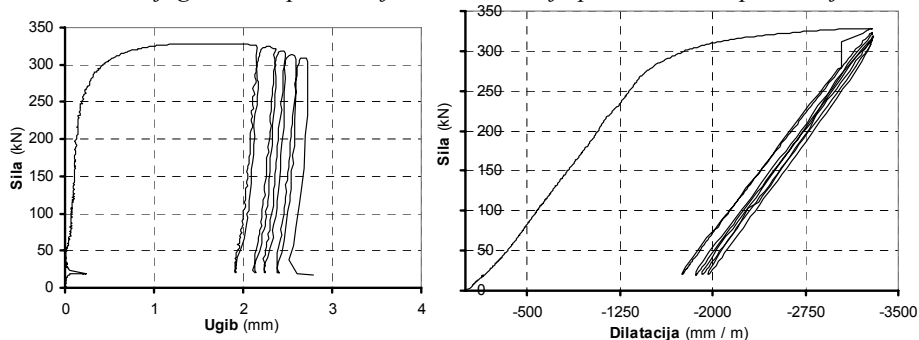
izrađeni su postupkom valjanja u hladnom stanju. Taj način izrade profila nameće potrebu za ovakvim ispitivanjem, naročito kad se ima u vidu da se postupkom valjanja u hladnom stanju menjaju mehaničke karakteristike i izazivaju značajni rezidualni naponi u preseku. Vrednosti granica razvlačenja, zatezne čvrstoće, modula elastičnosti i procentualnog izduženja dobijene standardnim ispitivanjem na epruvetama ne mogu reprezentovati ceo presek, odnosno zavisnost napon-dilatacija. Zavisnosti granice velikih izduženja u tim okolnostima određene su postupkom ispitivanja kratkih stubova na pritisak. Uzorci kratkih stubova koji su ispitivani u okviru ovog rada izrađeni su tako da budu dovoljno kratki da bi se isključila mogućnost pojave izvijanja, ali i dovoljno dugi da bi se sačuvala početna raspodela i veličina sopstvenih napona. Ispitivanjem kratkih stubova dobija se i uticaj lokalnog izbočavanja, kao i uticaj hladnog oblikovanja na osobine nosivosti stuba. Visina kratkih stubova na kojima su vršena ispitivanja iznosila je 366.3 mm odnosno 15λ . Centrično unošenje sile je omogućeno sfernim ležištima i centrisanim početnim položajem, koje je kompjuterski praćeno.



Slika 5. Snimak uzorka prilikom ispitivanja i poprečni presek stuba sa mernim trakama

Dva uzorka su ispitivana sa po 12 mernih traka dok je na ostala četiri uzorka merena maksimalna sila i pomeranje u oba pravca elektronskim ugibomerima. Praćenje dijagrama sila-dilatacija i sila-pomeranje sprovedeno je primenom računarskog softvera. Slika 6. prikazuje ispitivanje kratkog stuba sa menom opremom.

Slika 6. Dijagram sila-pomeranje i sila-dilatacija pri cikličnom opterećenju

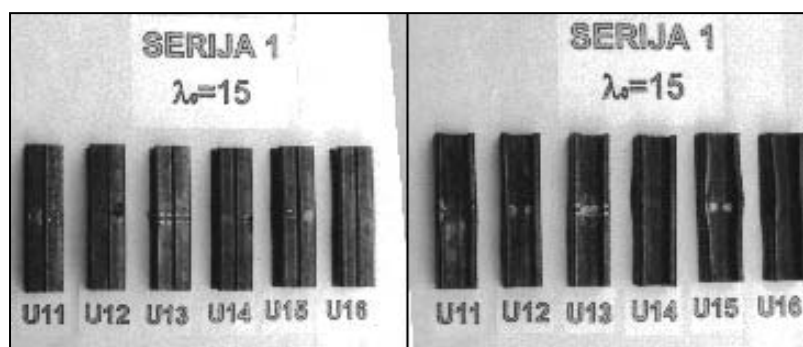


Eksperimentom je dobijen modul elastičnosti materijala i vrednosti maksimalne sile. U toku ispitivanja vršeno je i ciklično opterećenje-rasterećenje na dva uzorka. Dijagrami sila-ugib sredine stuba i sila-dilatacija sredine stuba dati su na Slici 6.

U *Tabeli 2.* prikazano je odstupanje eksperimentalnih rezultata granične nosivosti sračunate na bazi globalnog popuštanja-gnječenja i granice velikih izduženja osnovnog materijala (trake R_{ei}).

Napon u traci osnov. materijala i u uzorku (kratki stub)	U11	U12	U13	U14	U15	U16	srednja vrednost
Osnovna traka R_{ei} (kN/cm ²)	27.2	26.4	29.9	28.1	27.2	-	27.76
Kratak stub σ^T (kN/cm ²)	32.14	32.30	32.47	33.00	32.62	32.90	32.57
Razlika $\sigma^T - R_{ei}$ (kN/cm ²)	4.94	5.90	2.57	4.90	5.42	-	4.81
Razlika (%)	15.36	18.27	7.92	14.86	16.61	-	14.77

Tabela 2. Statistički pokazatelji odstupanja eksperimentalnih rezultata granične nosivosti na centrični pritisak proračunate na bazi globalnog popuštanja - gnječenja σ^T i granice velikih izduženja ulaznog materijala (trake) R_{ei}



Slika 7. Uzorci ispitivani pri testu kratkog stuba – nakon ispitivanja

3. UPOREDNI PRIKAZ GRANIČNIH SILA LOMA ISPITANIH UZORAKA

U *Tabeli 3.* dat je pregled graničnih sila loma dobijenih napred prikazanim ispitivanjima. Zbog različitih geometrijskih i materijalnih karakteristika prethodno su svi poprečni preseki ispitanih AB stubova redukovani na idealizovani betonski presek. Zbog potrebe komparacije rezultata ispitivanja i njihove uporedne analize kod čeličnih stubova izvršena je takođe redukcija na idealizovani betonski presek, preko odnosa eksperimentalno utvrđenih vredosti modula elastičnosti betona i čelika. Nakon toga, poređenje graničnih sila dato je preko odnosa odgovarajućih sila i površina idealizovanih poprečnih preseka.

Uzorak	I	II	III	IV	V	ČELIK
Izmerena granična sila loma [kN]	732	789	664	816	666	332
$\sigma^* = \frac{P}{A^*}$	4.09	4.41	3.71	4.56	3.72	5.50

$$A^* = \sum \frac{E_i}{E^*} A_i, \text{ idealizovana površina poprečnog preseka}$$

Tabela 3. Uporedni prikaz srednjih vrednosti graničnih sila loma

Maksimalna vrednost granične sile loma, prema Tabeli 3, je registrovana na uzorcima kratkih čeličnih stubova. Poređenjem te sile sa graničnom silom izmerenom na uzorcima ojačanih betonskih stubova (grupa IV i grupa V) može da se zaključi da AB stubovi bez ojačanja postižu 67% od maksimalne granične sile dok stubovi sa ojačanjima postižu do 82,5 % te sile. Ovaj podatak svedoči o uspešnosti ispitivanih varijanata ojačanja AB stubova a naročito je značajan ako se ima u vidu činjenica da su ojačanja postavljena isključivo u pravcu upravnom na pravac delovanja opterećenja.

4. ZAKLJUČAK U VEZI ISPITIVANJA AB STUBOVA SA I BEZ OJAČANJA

U okviru ovog rada dat je kratak prikaz uporedne eksperimentalno-teorijske analize granične nosivosti armiranobetonskih centrično pritisnutih stubova, ojačanih primenom visokovrednih zavrtneva, polikarbonatnih tkanina ili polikarbonatnih laminata.

Cilj ovih istraživanja je bio da se eksperimentalnim postupkom odrede vrednosti graničnih nosivosti stubova (sile loma) i da se one međusobno uporede. Detaljna analiza dobijenih rezultata je dala neophodne smernice za buduća opsežnija istraživanja u vezi nalaženja optimalne i najefikasnije metodologije ojačanja stubova.

Najbolji rezultati su dobijeni za stubove ojačane polikarbonatnim laminatima gde je nosivost povećana za 22.5%. Ovakvo ojačanje stubova izaziva efekte veoma slične efektima koji se javljaju kod spiralno armiranih stubova. Primenom visokovrednih zavrtneva dobijeno je povećanje granične sile loma za oko 18%. Prilikom primene polikarbonatnih tkanina nije registrovano povećanje granične nosivosti, što je i moglo da se očekuje s obzirom da polikarbonatna tkanina ne sprečava ili malo sprečava poprečne dilatacije. Prikazani rezultati, kao i rezultati istraživanja pod rukovodstvom Profesora Ljubomira Vlajića, koja su prethodila ovom radu, ukazuju na to da je upotreba visokovrednih zavrtneva i polikarbonatnih laminata u smislu ojačanja stubova moguća, ekonomična i tehnički opravdana, te da je potrebno izvršiti dalja istraživanja u ovom pravcu.

5. ZAKLJUČAK U VEZI ISPITIVANJA KRATKIH ČELIČNIH STUBOVA

Dobijeni rezultati ispitivanja kratkih čeličnih stubova od valjanih profila, predstavljaju bazne podatke za numeričku analizu centrično pritisnutih štapova u kojoj se uzima u obzir uticaj geometrijske i materijalne nelinearnosti. Oblik dijagrama sila-dilatacija dobijen ispitivanjem kratkih stubova obično je sličan odgovarajućem dijagramu

dobijenom ispitivanjem na zatezanje samo u slučaju kratkih stubova punog preseka kod kojih se efekat ojačanja materijala manifestuje zbog odsustva lokalnog izbočavanja. Ovim ispitivanjima dobijena je globalna granica popuštanja-tečenja složenog profila, koja je upoređena sa granicom velikih izduženja R_{el} dobijenom ispitivanjem pojedinačnih epruveta na istezanje. Takođe je dobijen i stvarni modul elastičnosti materijala. Osrednjena vrednost procentualnog povećanja granice tečenja u odnosu na granicu razvlačenja na ispitivanim uzorcima serije 1 iznosi 14.77 %.

LITERATURA

- [1] Ljubomir Vlajić: Doktorska disertacija, GF Niš, 1993
- [2] Miroslav Bešević: Doktorska disertacija, GF Beograd,
- [3] Marko Ostojić: Diplomski rad, GF Subotica, 2006.

Experimental limit bearing capacity analysis of short columns made of steel and RC strengthened with prestressed bolts, FRP sheets and FRP laminates

Abstract: *Results of experimental and comparative analysis of short columns limit bearing capacity are presented in this paper. Steel and RC columns with different types of strengthening were tested. RC columns are divided into five groups: 1) RC with 7 prestressed bolts, 2) RC with 4 prestressed bolts, 3) RC with FRP sheets 4) RC with FRP plates, and 5) plane RC columns. Steel columns are made of two „U” shape cold formed profiles. Results presented in this paper aim to show optimal directions for future research regarding strengthening of RC columns and a basis for sophisticated numerical analysis of presented problems.*

Key words: *short columns, steel, RC, strengthening, pretension bolts, FRP laminates*

NOVI POSTUPAK ZA REGISTROVANJE PROMENE GEOMETRIJE MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA

Ljubomir M. Vlajić¹, Ilija M. Miličić², Uglješa Brajković³

UDK:681.325

Rezime: U radu se predstavlja jedan novi sistem hardvera i aplikativnog softvera zasnovan na laserskoj 3D Cyra tehnologiji, namenjen snimanju geometrije objekata. Pored toga, istražuju se i druge mogućnosti ovog sistema. U radu je prikazana jedna od tih mogućnosti koja se odnosi na uspešno registrovanje **promene** geometrije konstrukcije pod dejstvom statičkog probnog opterećenja na primeru mosta preko Tise između Kanjiže i Novog Kneževca.

Ključne reči: sistem, hardver, aplikativni softver, laserska tačka, most, promena geometrije.

1. UVOD

Pojava novih mernih instrumenata i mernih sistema, učvrstila je važno mesto ispitivanju konstrukcija i eksperimentalnoj analizi u građevinskom konstrukterstvu. U tim uslovima, eksperimentalna analiza konstrukcija se posmatra kao jedna od četiri faze u građenju, gde su ostale tri:

- projektovanje,
- izvođenje, i
- eksploatacija objekata.

Tu se pre svega, misli na vezu ispitivanja konstrukcija i ispitivanja materijala sa stručnim i naučnim tumačenjem rezultata. Analiza rezultata i određene preporuke kasnije se formulišu u **Zaključak** koji mora da bude u skladu sa važećom tehničkom regulativom.

U novije vreme sve se više smatra i podrazumeva da je ispitivanje konstrukcije deo ukupnog okruženja u kome se ona nalazi, i u odnosu na šta se ispituje. Međutim, ponekad se to pogrešno shvata i ovim terminom se podrazumeva ispitivanje okruženja. Ali, u suštini radi se o ispitivanju konstrukcije i eksperimentalnoj analizi pod potencijalno veoma različitim uticajem okruženja.

Da bi se uspešno sprovelo ispitivanje određene konstrukcije moraju biti ispunjeni važni preduslovi, kao npr.:

- "Bogato" znanje iz fundamentalnih naučnih disciplina,
- Detaljno poznavanje metoda i sredstava za eksperimentalno istraživanje,

¹ Prof. dr Ljubomir M. Vlajić, dipl.inž.grad., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, 24000 Subotica, tel.: (024) 554 – 300, e – mail: wlayc@gf.su.ac.yu

² Ass. mr Ilija M. Miličić, dipl.inž.grad., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, 24000 Subotica, tel.: (024) 554 – 300, e – mail: milicic@gf.su.ac.yu

³ Uglješa Brajković, dipl.inž.geod., Vekom, Generala Horvatovića 62a, Beograd, tel.: (011) 38 – 08 – 272, e – mail: ugljesa.brajkovic@vekom.co.yu

- Teorijsko i praktično znanje o konstrukcijama i materijalima,
- Kvalitetna merna oprema,
- Dobra materijalna baza,
- Savremeni uređaji za prikupljanje podataka i za prezentaciju rezultata,
- Pouzdana računarska podrška,
- Dobro osposobljeno pomoćno osoblje iz raznih oblasti tehnike.

S druge strane, u eksperimentalnoj analizi prema načinu ispitivanja konstrukcija i mernim veličinama koje zahtevamo, razlikujemo:

- statička ispitivanja,
- dinamička ispitivanja,
- ispitivanja na modelima.

Uopšte, statičko ispitivanje zasniva se na postepenom nanošenju opterećenja, i merenju u okviru opštih i lokalnih (specifičnih) deformacija. Novi sistem, koji se prikazuje ovom radu, primenjen je za statičko ispitivanje opštih deformacija (promene geometrije) drumskog lančanog mosta preko reke Tise na putu Kanjiža – Novi Kneževac. Rezultati registrovanja promene geometrije (samo za podužnu gredu za ukrućenje uzvodne strane) – "greda sa nepotpunom fleksibilnošću" stručnoj javnosti su prikazani u radovima [1] i [2].

2. SISTEM ZA REGISTROVANJE PROMENE GEOMETRIJE

Merna geodetska oprema, Sajra (Cyra), koju čine hardver za skeniranje i aplikacioni softver namenjen za merenje i modeliranje kompleksne geometrije konstrukcije. Cyra je jedna od vodećih firmi u oblasti istraživanja i razvoja laserskih mernih tehnologija preuzeta od strane Leica Geosystems AG Švajcarska i predstavlja jednu od firmi u njenom sastavu. Kao rezultat dugogodišnjeg istraživanja i rada 3D laser skener (sl. 1.), je instrument koji predstavlja danas vrhunac tehnologije i koji u potpunosti menja metodologiju i pristup merenju.



Slika 1. 3D laserski skener Cyrax_2500 u fazi skeniranja mosta

Većina inženjera može da koristi prednosti portabilnog skeniranja za merenje i modeliranja kompleksnih objekata (npr. mosta) brzo, tačno i sigurno.

3D laser skener definiše rastojanje do objekta merenjem vremena koje je potrebno svakom impulsu (laserskom zraku) da stigne do površi i vrati se do skenera (to se dešava hiljadama puta u minutu). Unutar skenera se nalaze dva rotirajuća ogledala čiji se uglovi kontinualno mere i pri tome pomeraju laserski zrak preko površi objekta. 3D koordinate tačaka se registruju i grafički prikazuju u realnom vremenu na Laptopu kao "oblak tačaka".

Dobijeni "oblak tačaka" može se videti trodimenzionalno i u toku skeniranja. Skener se postavlja na stativ i orijentiše prema objektu različitih lokacija oko objekta. Često se na objektu postavljaju markice kao neka vrsta repera radi tačnog povezivanja snimaka sa različitih pozicija. Skeniranje se može vršiti u lokalnom koordinatnom sistemu određivanjem koordinata markica klasičnim metodama. Skener koristi integrisanu video kameru da bi se dobila digitalna fotografija objekta, odnosno da se vidi područje skeniranja.

Digitalna fotografija se može koristiti za:

- izbor područja skeniranja, i
- određivanja horizontalne i vertikalne gustine tačaka.

Laserski zrak je bezbedan za oči i može raditi u svim svetlosnim uslovima. Rukovaoc može videti skenirano područje u 3D i kontrolisati prikupljanje podataka, koje traje nekoliko minuta, pri čemu se prikupi više stotina hiljada koordinata položaja tačaka sa tačnošću do 6 mm.

Visoka tačnost se postiže zahvaljujući maloj veličini laserske tačke koja iznosi 6 mm na rastojanju od 50 m od skenera. Gustina rastera tačaka se može dostići i do 2 mm, dok je brzina skeniranja cca 500.000 prostorno potpuno određenih tačaka u sekundi.

Skenirani detalj sadrži orijentacione markice koje su određene visokom tačnošću. Mala veličina tačke obezbeđuje precizno prikupljanje podataka i povezivanje više snimaka. Rezultati 3D laser skenera su "bogat oblak tačaka" i virtuelni prikaz realnosti na računaru.

Korisnički interfejs sa 3D laser skenerom je sistemski Laptop računar. Sajrin najnoviji program za procesiranje skeniranih tačaka Cyclone (Sajklon) predstavlja profesionalni alat za dobijanje svih informacija o tačkama, zatim projektovanje i realizaciju zadataka. Koristeći Cyclone programe mogu se automatski registrovani podaci koristiti za kreiranje kompleksnog visokopreciznog računarskog prikaza objekta – digitalni model.

Tako dobijeni prikaz objekta koristi se za kreiranje jednostavne i veoma korisne trodimenzionalne vidljive baze podataka. Vizuelna baza podataka namenjena je za pregled lokacije skenera, polja skeniranja i ostalih potrebnih informacija. Ta baza podataka može se tretirati na dva načina kao:

- klasični prikaz, ili
- konvencionalni postupak kretanja do tačaka koje treba procesirati ili čiji položaj treba izmeriti.

Iz ove baze podataka ili iz sirovih merenja mogu se dobiti bilo koje dimenzije potrebne za definisanje klasičnih crteža. Svi mogući preseki i delovi objekta mogu se ubaciti (eksportovati) u CAD programe a zatim se, na osnovu njih mogu izraditi crteži. Procesiranje tačaka sa parametrima 3D objekata uz korišćenje najboljih geometrijskih metoda spajaju se u idealnu celinu.

Skenirani objekat na Client/Server bazama podataka Cyclone programa omogućava rad više osoba na istom projektu u isto vreme. Time se postiže kvalitetna saradnja svih učesnika u izradi projekta: geodetskih stručnjaka, projektanata, investitora i vlasnika objekta. Skener se napaja iz mreže ili akumulatora od 12V.

3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SISTEMA CYRAX 2500

U cilju preciznije i sveobuhvatnije informacije čitaocu se detaljno daju tehnički podaci novog mernog sistema.

Opšte:

Tip instrumenta: Visokoprecizni laserski skener
Korisnički interfejs: PC Laptop
Pogon skenera: Servo motor
Dodatna ugrađena oprema: Integrisana video kamera

Osobine sistema:

Preciznost laserske tačke
Tačnost prostornog položaja: ± 6 mm na rastojanju od 1.5 do 50m,
Gustina rastera laserske tačke: ± 2 mm,
Tačnost ugla laserske tačke: ± 60 mikro radiana, odnosno 12.38 ".
Napomena: Podaci su dobijeni standardnim testom koordinata tačaka analiziranih statističkom metodom važećom za Sajra tehnologiju.

Karakteristike laserskog zraka:

Tip laserskog zraka: pulsni, propisno zaštićen.
Boja: zelena.
Bezbednost – Sigurnost: Klasa 2 (CFR 1040)
Veličina tačke: 6mm od 0 do 50m.
Gustina tačaka pri skeniranju:

- vertikalna: 0.25mm, od tačke do tačke na 50m rastojanja.
- horizontalna: 0.25mm, od tačke do tačke na 50m rastojanja.

Oblast (vidokrug):

- vertikalna: 40⁰ max (uključen ugao)
- horizontalna: 40⁰ max (uključen ugao)
- Postolje: 360⁰ horizontalne rotacije +105⁰/-90⁰ vertikalne rotacije.
- Rezolucija digitalne kamere: 480x480 piksela.

Pogonska energija (napajanje):

- iz mreže (AS) 90 – 240 VAC, 50 – 60 Hz
 - iz akumulatora (DC) 12V
- Snaga: 100W Vek trajanja baterije je 8 sati na 20⁰C sa dve baterije.

Uslovi rada i čuvanja opreme:

Radna temperatura sredine: 0°C do 40°C
Temperatura čuvanja uređaja: - 25°C do 65°C
Osvetljenost radnog okruženja: radi u svim svetlosnim uslovima,
Otpornost na vlagu: otporan, ne akumulira vlagu,
Otpornost na udar: 50Gs (max)

Fizičke karakteristike opreme:

Skener (cca): L=40cm, B=34cm, H=43cm, M=20.50kg.
Napajanje (cca): L=32cm, B=28cm, H=24cm, M=7.30kg.

Standardni pribor:

- Kućišta za transport (skenera, napajanja),
- Stativ za skener i postolje za Laptop PC,
- Kablovi za povezivanje sistema,
- Dve baterije,
- Punjač za baterije,
- PC Laptop sa softverom za skeniranje i modeliranje.

Potrebni hardver i softver:

PC konfiguracija	Minimalna	Preporučena
Procesor	300MHz Pentium II	500MHz Pentium III
RAM	256 MB	256 MB
HDD	4 GB	20 GB
Mrežna karta	Ethernet	Ethernet
Video karta	SVGA	3D OpenGL-acceleration
Operativni sistem	Windows NT 4.0	Windows NT 4.0
Monitor	800x600	1024x768

Aplikativni programi (softver):

Naziv programa: CYCLON 3.1

Programski moduli:

- Cyclone – MODEL,
- Cyclone – MANAGE,
- Cyclone – SCAN.

Potrebna konfiguracija PC računara je ista kao i za skeniranje.

4. PRIMENA NOVOG SISTEMA U ISPITIVANJU MOSTOVA

Napred prikazani sistem za 3D lasersko skeniranje, i tehničke karakteristike opreme "Cyrax_2500", ukazuju na okolnost da je ceo postupak koncipiran za snimanje geometrije konstruktivnih sistema i njihovo računarsko modeliranje (softverski

geometrijski model). Na osnovu tehničkih karakteristika sistema "Cyrax_2500" u ovom radu, predložena je još jedna mogućnost njegove primene. Ta primena je uspešno sprovedena "in situ" pri statičkom ispitivanju mosta registrovanjem promene njegove geometrije.

Ideja za određivanje deformacione linije konstrukcije izložene uticaju probnog opterećenja potekla je od prvog koautora ovog rada i ona se zasniva na preklapanju digitalnih modela konstrukcije mosta: snimak_1 preko snimka_2 koji su razdvojeni u dva nezavisna Layer – a u programskoj aplikaciji AutoCAD (slika 4).

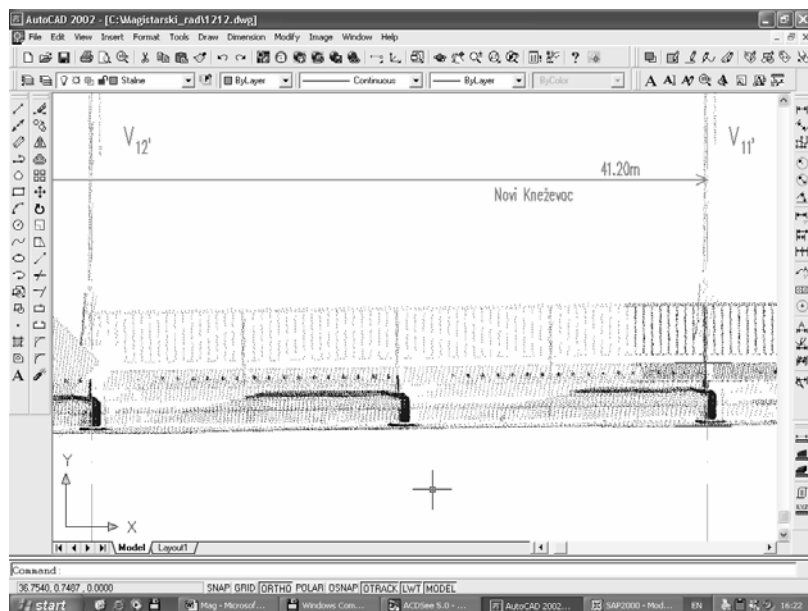
Merenje promene geometrije konstrukcija mosta tj. podužne grede sa nepotpunom fleksibilnošću uzvodne strane, izvedena je čitanjem pozicija tačaka kao razlika dva skeniranja, odnosno dva uzastopna stanja i to:

- Neopterećena konstrukcija – snimak_1 (slika 2),
- Opterećena konstrukcija – snimak_2 (slika 3).

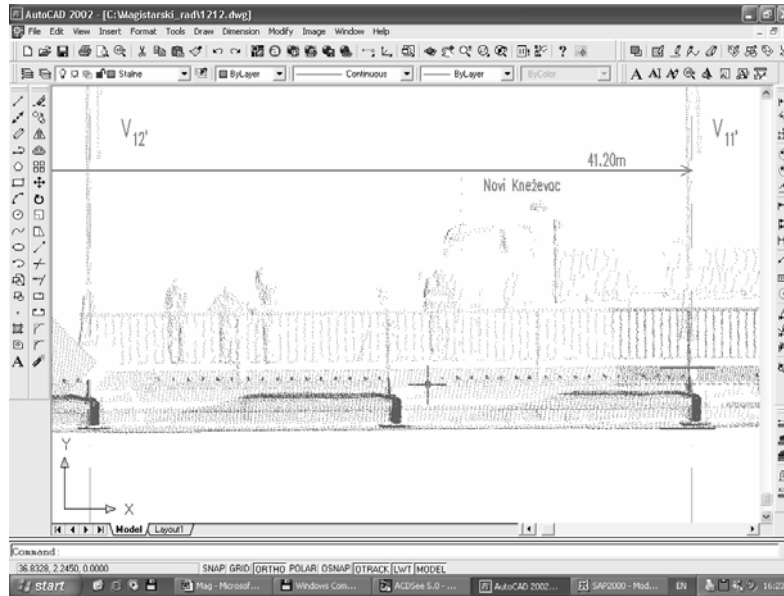
Snimak_1 – neopterećena konstrukcija, prikazuje model stvarne konstrukcije, pod dejstvom sopstvene težine, kod koga se može vršiti verifikacija geometrijskih karakteristika (npr. raspona, širina i visina elemenata itd.) opcijom kotiranja (paletom alata Dimension u AutoCAD – u).

Snimak_2 – opterećena konstrukcija, prikazuje model deformisane konstrukcije mosta.

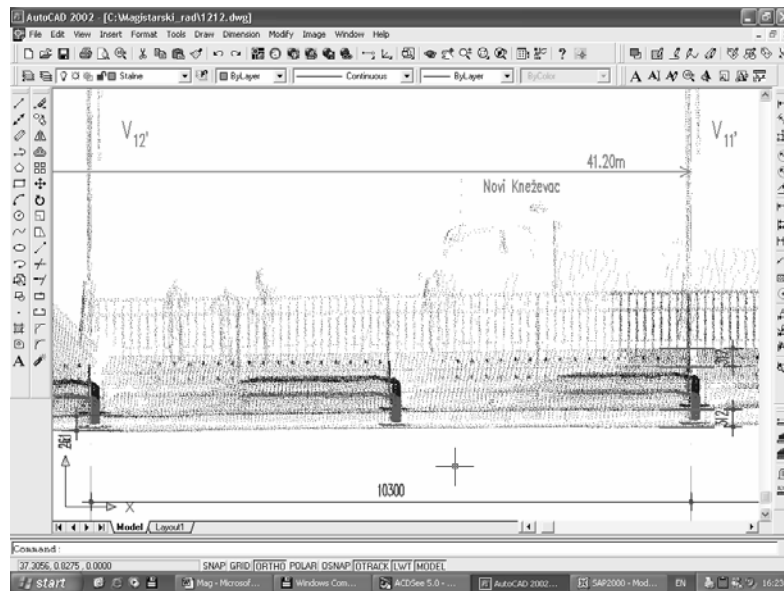
Međutim, u literaturi [1] ukazano je na ograničenje u pogledu korektnog poređenja merenih vrednosti dobijenih klasičnim nivelmanskim čitanjem i laserskim skeniranjem promene geometrije na primeru jednog konstruktivnog elementa (slika 6). Tom prilikom, predložene su radnje i postupci koji se moraju sprovesti kako bi se kontrola međusobnih rezultata vertikalnih pomeranja – ugiba načinila.



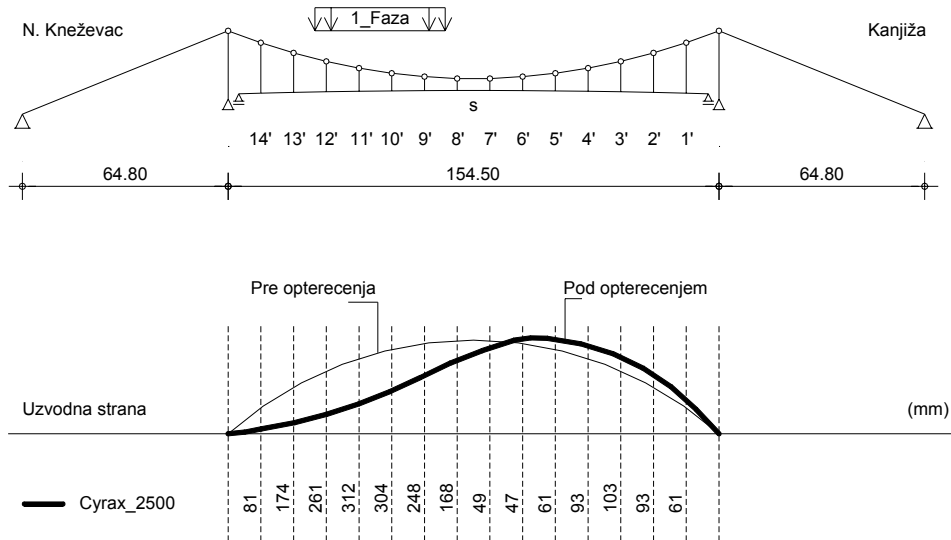
Slika 2. Deo neopterećenog mosta – Layer_1



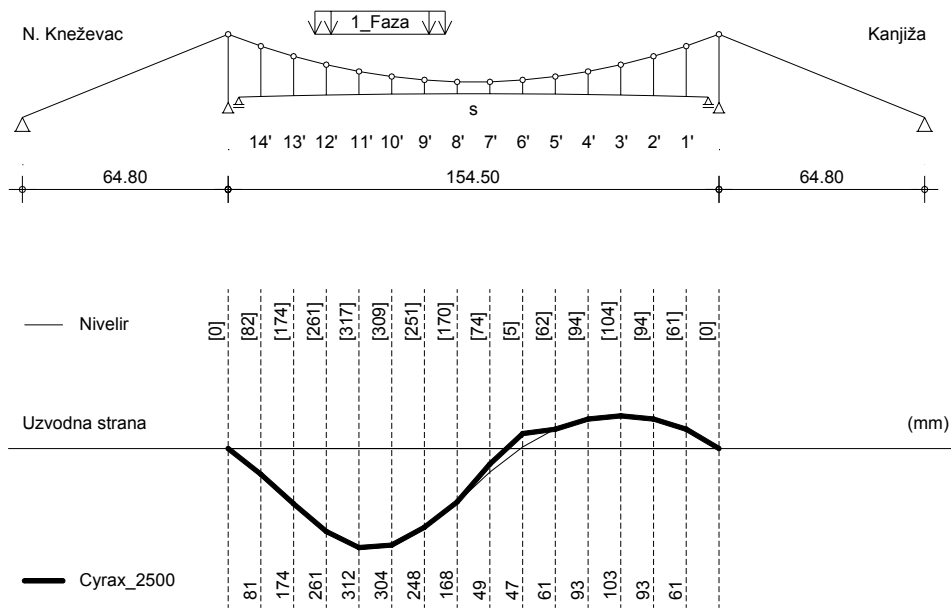
Slika 3. Deo opterećenog mosta – Layer_2



Slika 4. Preklopljeni Layer_1 i Layer_2



Slika 5. Rezultati promene geometrije podužne grede sa nepotpunom fleksibilnošću uzvodne strane mosta – Cyrax 2500



Slika 6. Uporedni rezultati vertikalnih pomeranja podužne grede sa nepotpunom fleksibilnošću uzvodne strane mosta Nivelir – Cyrax 2500

5. ZAKLJUČAK

Sistem za lasersko 3D skeniranje je nov i interesantan sa velikim mogućnostima primene, budući da je tehnika i tehnologija u stalnom napredovanju.

Predloženi način registrovanja promene geometrije konstrukcija mosta, pod dejstvom statičkog probnog opterećenja, može se sprovesti laserskim 3D skeniranjem.

Razume se, da u eksperimentalnoj analizi konstrukcija, pa i u ovom slučaju, treba voditi računa o određenim ograničenjima.

Ona se u ovom trenutku, odnosi pre svega na činjenicu da deklarirana odstupanja od ± 6 mm mogu da se zanemare u odnosu na ukupnu ostvarenu deformaciju konstrukcije izložene uticaju probnog opterećenja.

Instrument – laserski 3D skener tipa Cyrax_2500 sa pratećim programom se preporučuje za obavljanje ovakve vrste snimanja. U tom smislu očekuju se nova usavršavanja i prilagođavanja ovoj disciplini nauke i tehnike.

LITERATURA

- [1.] Miličić, M.I.: Prilog analizi kriterijuma upotrebljivosti mostovskih konstrukcija interakcijom računarske simulacije i 3D laserskog skeniranja, Magistarski rad, Subotica, 2004.
- [2.] Vlajić, M.L.J., Miličić, M.I., Romanić, M.: Metodologija skeniranja deformacija na primeru drumskog lančanog mosta (Most preko Tise na putu Kanjiža – Novi Kneževac), Zbornik radova građevinskog fakulteta 13, E.III, Subotica, 2004, /str. 206 – 211/.
- [3.] Prospektni materijal: "3D Laser Scanning Comes of Age" Cyra Technologies, Inc. 8000 Capwell drive, Okland, California, 2001.
- [4.] <http://www.vekom.co.yu> – Generalni distributer Leica Geosystems za SCG, Makedoniju i Republiku Srpsku, 2004.

NEW PROCEDURE FOR DETECTING CHANGES IN GEOMETRY OF BRIDGE STRUCTURES

Abstract: *In this paper we are introducing a new hardware framework and software application based upon laser 3D Cyra technology used for survey of structures geometry. Additionally, research performed into other properties of this system. This paper illustrates one of those properties that is related to effective detection of changes in geometry of structure under the influence of static load, in case of a real structure of the bridge above river Tisa between Kanjiža – Novi Kneževac.*

Key words: *system, hardware, application software, laser point, bridge, changes geometry.*

ANALIZA OŠTEĆENJA MATERIJALA NADVOŽNJAKA U ULICI KRALJA PETRA U MLADENOVCU

Prof. dr Ljubomir Vlajić¹
Ljiljana Tadić²

UDK: 624.21.03:351.811.112.3

Rezime: Prema Pravilniku o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova „pregledi mostova imaju za svrhu da obezbede pravilno tehničko održavanje mosta kojim se omogućava da se pravovremeno uoče i vrednuju nastali nedostaci. Time se stvaraju optimalni uslovi za njihovo otklanjanje pre nego što nastanu veće štete koje mogu da ugroze bezbednost saobraćaja i sigurnost konstrukcije“³. Dakle, Pravilnik postoji, ali se najčešće ne primenjuje, jer još uvek postoji većina ljudi sa uverenjem da mostove samo treba izgraditi i da oni, posle toga traju večno.



Slika 1. Nadvožnjak u ulici Kralja Petra u Mladenovcu

Ukoliko bismo jednom rečju opisali stanje većine naših mostova, reč zapušteni bila bi verovatno isuviše blaga (sl. 1).

Jedan od tih zapuštenih mostova je drumski nadvožnjak u ulici Kralja Petra u Mladenovcu. Ovaj rad se bavi analizom oštećenja pojedinih elementa konstrukcije toga mosta sa gledišta stanja materijala, kao i analizom mehanizama delovanja pojedinih uzroka degradacije i faktora koji utiču na te procese. Dakle, uspostavlja se

veza između oštećenja i verovatnog uzroka. U radu je dat i predlog mera koje je potrebno sprovoditi u cilju obezbeđenja potrebne sigurnosti i pouzdanosti, ali i dovoljnog eksploatacionog veka mosta. Isto tako, ukazuje se na neophodnost intervencija u cilju sprečavanja li usporavanja pojave opadanja početnih svojstava konstrukcije i/ili pojave defekata koji su posledica neodržavanja ili grešaka u izvođenju.

Ključne reči: Most, vizuelni pregled, degradacija materijala, analiza, održavanje, sanacija

1. UVOD

¹ Prof. dr Ljubomir Vlajić, dipl. građ. inž., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, 24000 Subotica, tel.: (024) 554-300, e-mail: vlayic@gf.su.ac.yu

² Ljiljana Tadić, dipl. građ. inž., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, 24000 Subotica, tel.: (024) 554-300, e-mail: tadic@gf.su.ac.yu

³ Pravilnik o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova-Službeni list SRJ br.20/10, jul 1992.god.

U projektovanju konstrukcija dugo je dominirao samo jedan kriterijum, a to je sigurnost. Vremenom su se počele uvažavati upotrebljivost i trajnost kao ostale dve komponente pouzdanosti konstrukcija.

Različiti materijali koji su primenjeni u izgradnji objekta, konstruktivni sistemi, rasponi, režimi eksploatacije, okruženje u kojem se objekat nalazi, itd. utiču na eksploatacioni vek, kao i na specifično ponašanje svakog objekta.

Veoma često se susrećemo sa objektima na kojima su primetna veća ili manja oštećenja, koja ugrožavaju sigurnost objekata i/ili njihovu upotrebljivost, što je pokrenulo obimna istraživanja u oblasti trajnosti. Kao glavni uzroci nastanka oštećenja ističu se propusti i netačnosti u projektovanju i izvođenju, izostanak ili neredovno i nedovoljno održavanje. U analizama se kao najčešći oblik oštećenja drumskih mostova navode ona koja su nastala zbog delovanja hlorida (u glavnom iz soli za odmrzavanje) i mraza, uz neodgovarajući kvalitet betona i nedovoljan zaštitni sloj betona. Elementi mosta koji se nalaze u sastavu superstrukture (na prvom mestu kolovozna ploča i prateći elementi na njoj) su posebno podložni dejstvu ovih nepovoljnih uticaja. Kvalitetno izvedena kolovozna ploča, hidroizolacija, kolovozni zastor, sistem za odvodnjavanje i dilatacione sprave na mostu, jedan su od glavnih preduslova za sprečavanje tih nepovoljnih dejstava na mostovsku konstrukciju.

Tokom eksploatacije, korektnim održavanjem, pregledima stanja mostovske konstrukcije u određenim vremenskim intervalima, svi nedostaci i/ili oštećenja mogu se blagovremeno registrovati i otkloniti. Na ovaj način postiže se ne samo ispravno funkcionisanje elemenata u toku projektovane eksploatacije, već se po potrebi njihov vek trajanja može i produžiti.

Dakle, eksploatacioni vek konstrukcije određuje se odgovarajućim početnim svojstvima, ali i pregledima, redovnim održavanjem, i, po potrebi, manjim ili većim intervencijama.

2. OSNOVNI PODACI O KONSTRUKCIJI ISPITIVANOG MOSTA

Ispitivani objekat nalazi se u centru Mladenovca na putu Beograd-Niš. Ukupna dužina nadvožnjaka iznosi 405.90m. Navoz sa Beogradske strane dugačak je 124.99m a na strani Topole njegova dužina je 184.61m. Prelaz preko četvorokolosečne železničke pruge izveden je čeličnom konstrukcijom raspona 41.30m i to sa upuštenim kolovozom. Kolovozna konstrukcija je spregnuta u podužnom i poprečnom pravcu. Ona se sastoji od dva čelična podužna nosača na razmaku od 5m i devet poprečnih nosača na razmaku od približno 5.2m, preko kojih je izvedena puna AB ploča debljine 16cm.

Ugao ukrštanja ose puta sa osom pruge iznosi $41^{\circ}11'$. Zakošenje stubova srednjeg otvora je $41^{\circ}52'$.

Konstrukcija prilaza rešena je na dva načina preko dela starog vijadukta:

- pomoću kolovozne ploče debljine 12cm na delu vijadukta,
- pomoću kolovozne ploče debljine 30cm na delu potpornih zidova.

Na konstrukciji postoje dve trake za saobraćaj, kao i dve pešačke staze koje su u konstruktivnom smislu konzole.

3. PODACI DOBIJENI VIZUELNIM PREGLEDOM I ANALIZA OŠTEĆENJA STRUKTURNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE MOSTA

Defektoskopski pregled drumskog nadvožnjaka u ulici Kralja Petra u Mladenovcu, obuhvatio je sve konstruktivne elemente objekta. Cilj pregleda je bio evidentiranje, klasifikovanje i procena stepena svih oštećenja na objektu.

Prilikom pregleda mosta pored važećih zakona, propisa, standarda i pravilnika [7] [8] [9] [10], korišćena je i sledeća dokumentacija:

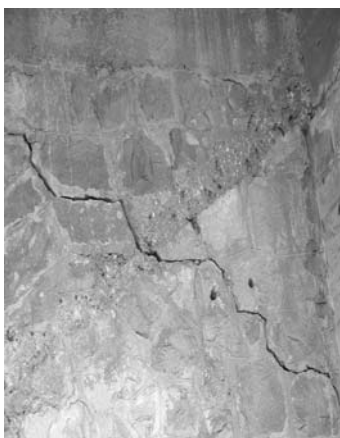
- deo elaborata o ispitivanju nadvožnjaka iz 1972.god.⁴,
- elaborat o ispitivanju iz 2003.god.⁵,
- stručna literatura⁶.

Tehnička dokumentacija na osnovu koje je izvršena izgradnja nadvožnjaka nije bila dostupna.

Osim izveštaja o ispitivanju iz 1972.god. i izveštaja o ispitivanju koje je obavljeno od strane Instituta Kirilo Savić (oktobar 2003.god.), nema podataka o periodičnim i redovnim pregledima.

Saglasno *Pravilniku*, strukturni elementi konstrukcije grupisani su, prema značaju u pogledu nosivosti, u tri grupe, a njihov pregled izvršen je sa aspekta stanja materijala.

Posebna pažnja posvećena je stanju glavnih konstruktivnih elemenata u cilju blagovremenog organizovanja detaljnijeg pregleda.



Slika 2. Pukotina na stubu sa strane Mladenovca

Elementi prve grupe

Temelji prilazne AB konstrukcije kao i temelji čelične konstrukcije nadvožnjaka nisu bili dostupni vizuelnom pregledu. Da bi se ustanovilo prisustvo agresivnih supstanci kao i eventualne promene u tlu (sleganja, bubrenje i sl.), koje se mogu nepovoljno odraziti na stanje temelja, bilo bi poželjno izvršiti geomehničke istražne radove. S obzirom da se pojavila pukotina na stubu sa Mladenovačke strane, geomehničke radove bi trebalo izvršiti prvenstveno u okolini tog stuba. Pukotina je locirana na bočnoj strani pomenutog stuba i pruža se pod uglom od oko 45° u odnosu na horizontalu (sl.2). Dubina pukotine kao i ostali

nedostaci unutar pomenutog elementa ne mogu se utvrditi vizuelnim pregledom, te se iz tog razloga mora pribeći drugim metodama, koje podrazumevaju prmenu odgovarajuće opreme.

⁴ Izveštaj o ispitivanju čelične konstrukcije nadvožnjaka sa armirano betonskim *prilazima u Mladenovcu*, Institut Kirilo Savić, Beograd, 1972.

⁵ Konačni izveštaj o ispitivanju konstrukcije nadvožnjaka sa betonskim prilazima u ulici Kralja Petra u Mladenovcu, Institut Kirilo Savić, Beograd, 2003. i Konačni izveštaj o vizuelnom pregledu čelične konstrukcije nadvožnjaka sa armiranobetonskim prilazima u Mladenovcu, Institut Kirilo Savić, Beograd, 2003.

⁶ Pogledati bibliografiju.

Na koji način će se intervenisati zavisi, pre svega, od uzroka navedenog oštećenja. Dakle, moraju se utvrditi vreme pojave pukotine, uzrok pojave i razvoja, otvor, širina i dubina, da li su one aktivne ili ne, i u skladu sa tim pristupiti odgovarajućoj intervenciji. Pored pukotine uočene na stubu na strani Mladenovca, uočena je pukotina i na stubu ispod prilazne betonske konstrukcije, na strani Topole.

Na čeličnoj konstrukciji nadvožnjaka postoje četiri *ležišta* (dva pokretna i dva nepokretna) na koja se oslanjaju glavni nosači. Pokretna ležišta (izvedena u vidu malog pendel stuba) nalaze se na Mladenovačkoj strani dok su na suprotnoj strani nepokretna. Uočena je ekscentrisanost (pomerena iz projektovanog položaja) pokretnih ležišta (sl. 3) u odnosu na vertikalnu za nekoliko centimetara. Uzrok uočene ekscentrisanosti nije poznat kao ni to da li ona utiče na stabilnost konstrukcije u celini. Postoji mogućnost da mostovski nosači nisu pravilno položeni na ležišta prilikom montaže. U cilju utvrđivanja uzroka navedenog defekta, potrebno je izvršiti adekvatno ispitivanje i to u najkraćem mogućem roku, a sve to imajući u vidu da dati objekat, s obzirom na traženi stepen sigurnosti, veličinu i značaj mogućih posledica, spada u *veoma važne* objekte.



Slika 3. Levo pokretno ležište na strani Mladenovca



Slika 4. Desno nepokretno ležište

Osim toga, nakupljena prljavština, voda i vlaga (usled procurivanja atmosfere vode sa površine kolovoza) progresivno oštećuju ne samo ležišta već i konstruktivne elemente iznad ležišta (slike 3, 4 i 5). Naročito je izražena korozija pokretnih ležišta i donjih ležišnih ploča, jer je na tim mestima procurivanje atmosfere vode (kiša, otopljeni sneg i led) sa kolovoza posebno izraženo.

Prilazna konstrukcija izvedena je u vidu pune AB ploče preko postojeće ploče armirane krutom armaturom. Pregledom je uočena deterioracija betona ispoljena u vidu fleka (bele i crvenkaste boje) i ljuskanja. Deterioracija betona je posledica mogućih fizičkih, hemijskih i bioloških procesa koji se odvijaju na površini ili unutar betonske mase usled delovanja opterećenja i okoline, ali u ovom slučaju najverovatnije i usled hemojskih reakcija između pojedinih sastojaka betona. Pored navedenih, uzrok pomenute degradacija može biti i posledica grešaka nastalih prilikom izvođenja radova (beton neodgovarajućeg kvaliteta, tanak ili porozan zaštitni sloj betona i sl.).

Takođe, voda koja se zadržava na kolovozu, prodire (na mestima gde je hidroizolacija propala kao i na mestima oštećenih dilatacionih spojnica) u unutrašnjost ploče izazivajući koroziju armature i deterioraciju betona. Ovo dejstvo je pojačano hemikalijama koje su obično sadržane u padavinama, bilo da su rastvorene iz vazduha ili sprane sa površine kolovoza (npr. usled korišćenja soli za odmrzavanje). Takođe, konstruktivni elementi ispod ploče, zbog prodiranja vode kroz kolovoznu ploču na pojedinim mestima, su degradirani.

Odvajanje površinskog sloja od osnovne mase betona (*ljuskanje*) posledica je moguće korozije armature, hemijske agresije (uticaj soli), uticaja mraza (naizmenično smrzavanje i odmrzavanje), kao i istovremenog uticaja hlorida (iz soli za odmrzavanje) i mraza. Prateća pojava ljuskanja je korozija armature, koja proces ljuskanja ubrzava. Zbog smanjivanja površine poprečnog preseka, ljuskanje može uticati na smanjenje nosivosti poprečnog preseka-elementa.



Slika 5. Desno pokretno ležište na strani Mladenovca

Pojava belih mrlja na površinama, koje predstavljaju nataloženi kalcijum-karbonat nastao spajanjem Ca(OH)_2 sa ugljen-dioksidom (CO_2) iz vazduha, znak su procesa karbonitizacije. Ova pojava uslovlila je propusnost betona uz istovremeno smanjivanje njegove bazičnosti, odnosno njegove pH vrednosti, pa tako i njegove sposobnosti zaštite armature (omogućen je razvoj procesa korozije armature).

S obzirom da karbonitizacija ne nastupa u betonu po čitavom preseku istovremeno, već po slojevima (usled šupljina, poroznosti agregata kao i pukotina u betonu), slika karbonitizacije često nije ravna/paralelna sa površinom betonskog elementa. Vizuelnim pregledom ne može se dobiti jasan podatak o veličini i dubini karbonitizacije.

Međutim, poznato je da karbonitizacija brže prodire u blizini uglova elemenata konstrukcije, baš tamo gde je najčešće locirana armatura. Ona brže prodire na mestima pukotina i tamo gde je armatura lokalno oštećena.

Pojava mrlja od rđe (mrlje crvenkaste boje) na nekim mestima znak su korozije armature. Pojavom rđe ne samo da dolazi do smanjivanja prionljivosti i gubitka veze između betona i armature, već se zbog znatnog povećanja zapremine rđe, javljaju i naprezanja u čvrstoj strukturi betona, što dovodi do pojave prslina i odvajanja betona od armature (slika 6.). Kao posledica povećanja zapremine rđe dolazi i do pojave prslina duž korodirale armature, što ubrzava proces korozije, a na kraju dovodi do odlamanja delova betona. Nabrojani procesi naročito su izraženi kod oslončkih zona ploče, a rezultat su više oštećenja: procurivanje vode kroz dotrajale dilatacione sprave, oštećenu hidroizolaciju i kolovozni zastor. Oštećenja ploče (karbonitizacija i ljuspanje) postoje i na mestima nastavaka betoniranja kao posledica procurivanja vode kroz pukotine, odnosno zone razdvajanja (sl.7). Posledica ovih defekata, pored estetskih, su smanjenje nosivosti, trajnosti i upotrebljivosti elemenata konstrukcije, pa i same konstrukcije u celini. Uklanjanje ovih defekata sastoji se u uklanjanju uzroka njihovog nastanka, uklanjanju oštećenih slojeva betona, te nanošenju novih slojeva i zaštiti betonske površine.



Slika 6. Detalj sa dela prilazne konstrukcije

Glavna čelična konstrukcija nadvožnjaka gornjom flanšom i delom rebra izlazi iznad nivoa kolovozne ploče. Zbog neodržavanja i oštećenja zaštitnog sloja i na gornjoj (sa gornje strane) i na donjoj „flanši“ uočena je površinska korozija. Korozijom su, znatno više, u nivou kontakta sa kolovozom i pešačkim stazama, duž celog nosača, zahvaćena rebra glavnih nosača. S obzirom da je korozija rebara pojačana i da su glavni nosači vitalni elementi mosta, potrebno je što pre pristupiti odgovarajućim merama sanacije. Prvi nivo intervencije trebalo da bude otklanjanje manjih nedostataka, što podrazumeva uklanjanje otpadaka, blata, soli, prljavštine, jer oni iniciraju dalja progresivna razaranja.

Podužni i poprečni nosači su takođe zahvaćeni površinskom korozijom i to u zoni spoja njihove gornje flanše i betonske ploče, a u nešto manjoj meri i u zoni donje flanše. Korozija je posebno uznapredovala na mestima koja su izložena čestom kvašenju, izazvanom procurivanjem atmosferske vode sa kolovoza. Voda ne samo da utiče na



Slika 7. Donja strana AB ploče prilazne konstrukcije

brzinu korozije nego i izaziva široku distribuciju kontaminatora sa kolovoza kao što su, na prvom mestu, hloridi iz soli za odmrzavanje. Korozivnost rastopljenih soli se tokom vremena povećava, jer oksiduju i postaju kontaminirani metalnim nečistoćama. Ovi oksidi reaguju sa zaštitnim oksidnim filmovima na metalu obrazujući jedinjenja lako rastvorljiva u solima. Imajući u vidu ovu činjenicu, produkti korozije se moraju ukloniti sa površine elmenata uz minimalni gubitak metala, a zatim preduzeti odgovarajuće mere u cilju sprečavanja daljeg kvašenja ovih elemenata atmosferskom vodom.

AB kolovozna ploča nadvožnjaka spregnuta je sa poprečnim i podužnim nosačima. Kao i na ploči prilazne konstrukcije i na njoj je uočena deterioracija betona (karbonitizacija, ljušpanje, mrlje od rđe, fleke

od nataložene soli). Uočena oštećenja su u okolini slivnika i dilatacionih spojnica. Postojeće neravnine i rupe na kolovoznoj površini izazivaju odskakanje vozila u kretanju i udare na konstrukciju mosta što sa svoje strane izaziva povećane vrednosti dinamičkih koeficijenata. Naročito su osetljiva mesta iznad prelaznih ploča, gde se i može uočiti postojanje pomenutih neravnina i rupa.



Slika 8. Stanje AB grede pešačkih staza

Elementi druge grupe

Konzole i grede pešačkih staza prilaznih konstrukcija izrađene su od AB. Sa donje strane vidljiva je ugrađena armatura (sl. 8 i 9) i to celom dužinom prilazne konstrukcije. Nivo oštećenja je takav da je pored betona ozbiljno korodirala i armatura, te se mora pristupiti intervencijama kako na betonu tako i na armaturi. Uzrok propadanja kako betona tako i armature, verovatno je loš, tanak i porozan zaštitni sloj. Nepostojanje (na nekim

mestima) i oštećenje zaštitnog sloja direktno utiču na dalji razvoj procesa korozije armature, tj. na trajnost konstrukcije, jer kao što je poznato, debljina i kvalitet zaštitnog sloja u betonu mogu se smatrati i najvažnijim unutrašnjim faktorom koji neposredno utiče na početak i dalji razvoj procesa korozije armature.

Uočeno je i da je armatura u konzoli pešačkih staza "pala" u donju zonu preseka. Verovatno je u fazi betoniranja došlo do spuštanja armature iz gornje u donju zonu. Imajući u vidu ovu činjenicu, potrebno je preduzeti odgovarajuće mere kako bi se sprečio pristup i parkiranje vozila na pešačkim stazama.



Slika 9. Konzole i grede pešačkih staza na prilaznim konstrukcijama

Na nadvožnjaku, betonske pešačke staze izvedene su preko čelične konzolne konstrukcije. Čelične konzole su zavarene za glavne čelične nosače nadvožnjaka. Čelične konzole je zahvato proces površinske korozije usled propadanja antikorozivne zaštite, pa je potrebno sprečiti njihovo propadanje.

Hidroizolacija nije vidna ali se na osnovu stanja pojedinih elemenata konstrukcije (napred navedeno), može izvesti zaključak da je ona u znatnoj meri oštećena. Verovatna oštećenja su na ivicama i na mestima veze sa ostalim pratećim elementima (drenaža, dilatacione spojnice). Takođe, pojedini, vlažni delovi ukazuju na oštećenje hidroizolacionih slojeva. Oštećena hidroizolacija izgubila je svoju zaštitnu funkciju, omogućava prodor vode i vlage do kolovozne ploče i njenu degradaciju kao i degradaciju elemenata

ispod ploče. Osim pojave i razvoja korozije ugrađene armature, hemijskih procesa u betonu, ispiranja krečnjaka iz betona, povećanja njegove poroznosti, pada čvrstoće povećana je i mogućnost destrukcije usled delovanja mraza, pa je poželjna hitna intervencija. Dakle, sanacione mere su neophodne, a hitnost se ogleda u stanju pojedinih elemenata konstrukcije mosta.

Kolovozni zastor izveden je od asfalta i u relativno dobrom je stanju. Veća oštećenja su uočena oko dilatacionih sprava i ivičnjaka. Uočena oštećenja su takva da u velikoj meri omogućavaju procurivanje vode.

Dilatacione sprave na krajevima glavne konstrukcije mosta su pločaste i u jako lošem su stanju. Uočeno je da su rasklimane, a guma za zaptivanje je propala, tako da voda kroz njih nesmetano otiče. Oštećena hidroizolacija, oštećen kolovozni zastor oko spojnice, olabavljene veze su a posledice neodržavanja. Ovi defekti izazivaju dalja oštećenja usled procurivanja vode. Njihovim otklanjanjem sprečava se dalja deterioracija ploče i konstruktivnih elemenata ispod dilatacionih sprava.

Zbog rasklimanosti, pri prelasku vozila dilatacione sprave jako lupaju. I ostale dilatacije na mostu, obrađivane cementnim malterom, koji je sada ispucao, takođe procuruju.

Elementi III grupe:

Zaštitna ograda mosta postavljena je duž cele konstrukcije i od velikog značaja je kako za izgled mosta tako i za bezbednost pešaka. Antikoroziorna zaštita na njoj je propala, pa je ograda zahvaćena površinskom korozijom. Na mestima na kojima je ograda iskrivljena korozija je jače izražena. Pored slabe površinske korozije, primećeno je

oštećenje (iskrivljena je) odbojne ograde verovatno uzrokovano udarom vozila. Udar vozila u odbojnu ogradu može izazvati oštećenje kolovoznog zastora, pa i same kolovozne ploče, što predstavlja pogodno mesto za prodor vode.

Ivičnjaci su postavljeni duž cele prilazne konstrukcije mosta. Primećeno je da su na pojedinim mestima delimično oštećeni. I ivičnjaci kao i zaštitne i odbojne ograde tokom eksploatacije izloženi su prskanju vodom, te ih je potrebno odgovarajućom intervencijom zaštititi od daljeg propadanja.

Pešačke staze na celoj dužini su armirano betonske sa asfaltnim zastorom koji je pohaban. Na pojedinim mestima postoje pukotine i prsline.



Slika 10. Deo postojećeg sistema za odvodnjavanje- oluk

Sistem za odvodnjavanje treba da obezbedi brzo i efikasno uklanjanje kako vode sa površine kolovoza, tako i procedne vode sa nivoa hidroizolacije. Da bi hidroizolacija bila efikasna i sistem za odvodnjavanje mora biti odgovarajući.

Na posmatranom objektu sistem za odvodnjavanje čine slivničke rešetke (za sakupljanje i odvođenje površinske vode) postavljene uz ivičnjake i olučne vertikale. Pad kanala za odvodnjavanje je nedovoljan, što prouzrokuje nagomilavanje nanosa.

Zapušeni slivnici i propali oluci (posledica neodržavanja) (sl. 10), dovode do procurivanja vode koje izaziva oštećenje okolnih delova konstrukcije.

Svetiljke postoje na mostu i postavljene su uz ogradu pešačkih staza. Signalizacija na mostu ne postoji, a osim svetiljki nisu uočene druge instalacije.

4. ZAKLJUČAK

S obzirom na stepen uočenih oštećenja, potrebno je što pre preduzeti odgovarajuće intervencije i mere sanacije.

Kao preduslov bilo kom tipu intervencije na pomenutom objektu podrazumeva se i prethodno iznalaženje i otklanjanje uzroka oštećenja.

Prvi nivo intervencija je otklanjanje manjih nedostataka, što podrazumeva uklanjanje otpadaka, agresivnih materija, blata, otpušavanje rupa za odvodnjavanje, čišćenje prljavštine, uklanjanje rastinja i sl. U tom smislu najvažnija je blagovremenost u otklanjanju uočenih nedostataka. Neblagovremeno otklanjanje uočenih nedostataka, čak na prvi pogled i bezazlenih može posredno/neposredno inicirati dalja progresivna razaranja kako betonskih tako i čeličnih delova konstrukcije.

Pošto je jedan od glavnih uzroka degradacije korozija betonskih i čeličnih elemenata izazvana hloridima iz soli za odmrzavanje kolovoza potrebno je ograničiti kako učestalost posipanja tako i primenjene količine soli.

Predlog neophodnih mera

- Potrebno je izvršiti čišćenje i antikorozivnu zaštitu kompletne čelične konstrukcije.

- Ležišta i ležišne ploče očistiti od korozije i nagomilane prljavštine i zaštititi antikorozionim premazima. Utvrditi uzrok ekscentricnosti pokretnih ležišta i ukoliko se pokaže potreba za intervencijom izvršiti je. Zbog agresivnosti ptičijeg izmeta koji je prisutan u velikoj količini, nakon sanacije postaviti mreže ili na neki drugi način onemogućiti pristup i gnežđenje ptica.
- Utvrditi uzrok pojave pukotine na kamenom stubu na strani Mladenovca i istu sanirati.
- Dotrajale i neispravne dilatacione spojnice, kao najkritičnija mesta (zbog intenzivnog procurivanja vode), zameniti novim.
- Odgovarajuće mere preduzeti i na hidroizolaciji, kolovoznoj ploči, oštećenim ivičnjacima (zameniti oštećene), kolovoznom zastoru (na mestima gde postoje oštećenja).
- Osposobiti sistem za drenažu (slivnici i oluci) koji je u neprihvatljivom stanju.
- Izvršiti sanaciju svih delova betona zahvaćenih degradacijom (konzole pešačkih staza). Na mestima većih oštećenja, izvršiti uklanjanje svih delova betona i zameniti ih novim. A na mestima gde je pored betona ozbiljno korodirala i armatura, treba ukloniti koroziju, ili čak delove korodirale armature, i zaštititi premazima.
- Utvrditi stepen korozije armature na mestima pojave crvenih mrlja.
- Zameniti oštećene delove odbojne ograde i izvršiti čišćenje od korozije i antikorozionu zaštitu kompletne ograde (ograda pešačkih staza i odbojna ograda) na mostu.
- Zbog stanja i položaja armature na konzolama pešačkih staza onemogućiti pristup vozilima.
- Zbog agresivnosti hlorida iz soli za odmrzavanje kolovoza na konstrukciju mosta, poželjno bi bilo da se ona oprezno primenjuje.

Svako odlaganje sanacionih mera utiče ne samo na njihov obim i visinu njihove cene već i na projektovani eksploatacioni vek koji bi se i višestruko redukovao.

5. LITERATURA

- [1] Bjegović, D.: *Projektiranje betonskih konstrukcija u kemijski agresivnoj okolini*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, fakultet građevinskih znanosti, Zagreb, 1991.
- [2] Beleslin, R.: *Dijagnoza stanja kao podloga za procenu preostalog veka trajanja i održavanja betonskih konstrukcija*, Magistarski rad, Građevinski fakultet Subotica, 1999.
- [3] Goleš, D.: *Analiza faktora trajnosti betonskih konstrukcija na primeru kolovoznih ploča betonskih drumskih mostova*, Magistarski rad, Građevinski fakultet Subotica, 1998.
- [4] Grković, S.: *Prilog projektovanju betonskih mostova sa aspekta zadate trajnosti u agresivnom okruženju*, Magistarski rad, Građevinski fakultet Subotica, 1999.
- [5] *Zaštita građevinskih konstrukcija od korozije*, Građevinska knjiga, Beograd, 1964.

- [6] *Izveštaj o ispitivanju čelične konstrukcije nadvožnjaka sa armirano betonskim prilazima u Mladenovcu*, Institut Kirilo Savić, Beograd, 1972.
- [7] *Pravilnik o tehničkim propisima za održavanje čeličnih konstrukcija za vreme eksploatacije kod nosećih čeličnih konstrukcija*, Službeni list SFRJ, 6/65, Beograd, 1965.
- [8] *Pravilnik o tehničkim propisima za pregled i ispitivanje nosećih čeličnih konstrukcija*, Službeni list SFRJ, 6/65, Beograd, 1965.
- [9] *Pravilnik o održavanju magistralnih i regionalnih puteva*, Službeni glasnik RS, br. 2/93.
- [10] *Pravilnik o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova*, Službeni list SRJ, broj 20, jul 1992. str.435
- [11] Vlajić, M. Lj., Romanić, M.: *Program ispitivanja čelične konstrukcije nadvožnjaka sa armiranobetonskim prilazima u Mladenovcu*, Beograd, 2003.
- [12] Brčić, V., Čukić, R.: *Eksperimentalne metode u projektovanju konstrukcija*, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [13] Tadić, Lj.: *Dijagnostika stanja, održavanje, sanacije i revitalizacije konstrukcija*, seminarski rad, Građevinski fakultet Subotica, 2003.

MATERIAL DAMAGE ANALYSIS OF THE OVERPASS IN KING PETAR STREET IN MLADENOVAC

Summary: *According to the Technical Rule Book for Exploitation and Maintenance of bridges „survey of bridges has a primary purpose to ensure their proper technical maintenance that enables timely detection and evaluation of defects. This is necessary to create an optimal conditions for undertaking measures to cure the defects thus avoiding greater damages that could endanger traffic and structural safety“⁷. Therefore, Technical Rule Book exists, but it is often disregarded because there is still a majority that believes that bridges need only to be built and that afterwards they last for eternity. If we were to describe current condition of most of our bridges, the word “neglected” would probably be an underestimation. (Fig. 1).*

One of those neglected bridges is a road overpass in the King Petar Street in Mladenovac. This paper investigates damages to several structural elements of that bridge from the material point of view and analyses the mechanism of action for several causes of degradation and factors that influence those processes. In other words, a connection is being established between damages and probable causes. This paper also suggests measures that need to be taken to ensure necessary safety and reliability as well as enough exploitation time of the bridge. Furthermore, the paper emphasizes a necessity for interventions in order to prevent or to delay the appearance of those initial properties and/or defects that are caused by the lack of maintenance or construction errors.

Key words: *bridge, visual inspection, material degradation, analysis, maintenance, sanitation*

⁷ Pravilnik o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova-Službeni list SRJ br.20/10, jul 1992.god.

OSVRT NA EUROKODOVE 3 I 9- SLIČNOSTI I RAZLIKE

Venera Vukašinić-Simonović¹

UDK:006.3

Rezime: Sveopštim prisutnim trendom globalizacije, primjetni su napori za donošenje jedinstvenih propisa i normi. S tim je u vezi i kontantan rad na usavršavanju i objedinjavanju propisa zemalja članica Evropske unije-Eurokodova. Kako na ovim područjima još nisu zaživjeli kao zvanični, težnja i cilj ovog rada je upoznati javnost sa Eurokodovima koji tretiraju metalne konstrukcije: Eurokod 3 i 9, sa svojim sličnostima i razlikama. Njima je obuhvaćena problematika graničnih stanja upotrebljivosti i nosivosti, označavanja čelika i aluminijumskih legura kao i drugih posebnosti kod dizajna i proračuna aluminijuma u odnosu na čelik kao novog konstruktivnog materijala.

Ključne reči: Eurokod 3, Eurokod 9, sličnosti, razlike

1. UVOD

Iako nemaju široku primjenu na ovim područjima, ovaj rad se bavi problematikom Eurokodova 3 i 9, [1-2] tj. opšim pravilima proračuna čeličnih i aluminijumskih konstrukcija. Kod nas kao pandam Eurokodu 3 ekzistiraju i dalje Jugoslovenski standardi (JUS) koji ima nešto drugačiji koncept proračuna baziran uglavnom na dopuštenim naponima, što može izazvati poteškoće i otpor prilikom prelaska na nove propise tj. Eurokod 3, dok je sa Eurokodom 9 sasvim drugačija slika-novi standard nema sa čim da se poredi, a inženjerska javnost nema neka iskustva u tom pogledu pa joj ne bi trebao biti problem privići se na Eurokod 9 kao zvanični standard za proračun nosećih aluminijumskih konstrukcija. Pored toga, Eurokod 9 prati i sadržaju je analogan Eurokodu 3, a kao posljednji objavljeni evropski predstandard, mnogo je obuhvatniji i detaljniji od Eurokoda 3. Razlog tome svakako leži u činjenici da je Eurokod 9 publikovan čak šest godina poslije Eurokoda 3 pa su data dodatna granjanja i pojašnjenja po pitanju naprezanja i ponašanja koja su nezavisna od metala (aluminium ili čelik). S obzirom na to, može se reći da je ovo najkompletniji standard čak i u odnosu na Eurokod 3 koji je u trenutku objavljivanja i sam važio za najkompletniji standard uopšte. [3]

¹ Mr.Venera Vukašinić-Simonović, dipl inž građ., Energoinvest, d.d.-Higra, Hamdije Čemerlića 2, tel: 061/719-746, e-mail: veneravuk@yahoo.com

2. KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasifikacija aluminijumskih poprečnih presjeka je istovjetna onoj kod čeličnih i podrazumjeva 4 klase presjeka. Za razliku od Eurokoda 3 kod koga se redukovana nosivost presjeka klase 4 uzima u obzir preko koncepta efektivne širine, Eurokod 9 ovo postiže preko koncepta efektivne debljine.

Klasifikacija čeličnih poprečnih presjeka zavisi prvenstveno od dijela presjeka koji se promatra (rebro, nožica), od tipa naprezanja (savijanje, pritisak) i gradijenta napona, geometrije poprečnih presjeka, kvaliteta materijala, tipa presjeka (npr. valjani šuplji, zavareni profili i ostali), a poseban tretman imaju cjevasti i "L" profili. Što se klasifikacije aluminijumskih presjeka tiče, razmatra se tip poprečnog presjeka, geometrijski odnosi istog, tip nosača, gradijent napona, klase izvijanja, mehaničke osobine materijala, kao i to da li je presjek zavarivan ili ne. Ovi faktori su predstavljeni u Tabeli 1. i može se reći da je većina njih suštinski ista, sa napomenom da postoje još neki dodatni faktori koji utiču na klasifikaciju aluminijumskih poprečnih presjeka.

Čelik	Aluminijum
Kvalitet materijala	Kvalitet materijala
Naprezanja	Naprezanja
Geometrijski odnosi	Geometrijski odnosi
Dio poprečnog presjeka (npr. nožica)	Tip poprečnog presjeka (npr. simetrični spoljni dio nožice)
Tip profila (npr. zavareni ili valjan profili)	Prisustvo varova
Klase presjeka (npr. 1, 2 ili 3)	Klase izvijanja (npr. A ili B)
	Tip konstr. elementa (nosači ili štapovi)

Tabela 1. Faktori koji određuju klasifikaciju čeličnih i aluminijumskih poprečnih presjeka po Eurokodu 3 odnosno 9

3. KARAKTERISTIKE MATERIJALA

Karakteristike materijala su date kroz njihove nominalne vrijednosti: granice razvlačenja i čvrstoće na zatezanje čelika i aluminijuma ($f_{y(0,2)}$ i f_u) koje se u proračunu uzimaju kao

Čelik	Aluminijum
Vrsta čelika (npr. Fe 360, 430, 510)	Vrsta aluminijumske legure (npr. EN AW 5083, 6061, 6082,..)
Debljina elementa ($t \leq 40 \text{ mm}$ ili $40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$)	Debljina elementa (od $t \leq 3 \text{ mm}$ do $t \leq 200 \text{ mm}$)
	Termičko stanje (npr. O, H, T6, T5 itd.)
	Oblik poluproizvoda (npr. limovi, presovane cijevi, profili, šipke, vučene cijevi i dr.)
	Način spajanja (da li se vari ili ne)
	Koeficijent n (od 5 do 48)

Tabela 2. Faktori koji utiču na granice razvlačenja i čvrstoće na zatezanje čelika i aluminijuma po Eurokodu 3 odnosno 9

karakteristične. Za razliku od čelika, granica razvlačenja kod aluminijuma nije uočljiva pa se njena vrijednost dobiva kao napon pri trajnoj deformaciji od 0,2 %. Međutim, ova vrijednost nije jednoznačna: aluminijum u nevjerovatnoj mjeri mijenja svoje mehaničke karakteristike u zavisnosti od tipa legirajućeg elementa koji se uzima u obzir preko koeficijenta n , a on dalje ulazi u Ramberg-Osgoodovu jednačinu za plastičnu analizu. Pored koeficijenta n , u Tabeli 2. prikazano je koji još parametri definišu i predodređuju čvrstoće materijala kako po Eurokodu 3 tako i po Eurokodu 9.

4. GRANIČNO STANJE UPOTREBLJIVOSI

Granična stanja upotrebljivosti za građevinske objekte od aluminijuma i čelika su deformacije (ili ugibi) i vibracije. Dopušteni ugibi kod aluminijuma su nešto strožiji, a Eurokod 9 eksplicitno definiše i dozvoljene vrijednosti za granično stanje upotrebljivosti po pitnju dinamike, odnosno vibracija. Ona su ista za aluminijumske i čelične konstrukcije. Tabela 3. daje propisane minimalne granične vrijednosti sopstvenih frekvencija za pojedine vrste konstrukcija koje su određene iz uslova ugodne eksploatacije.

Opis tipa konstrukcije	Čelik (Hz)	Aluminijum (Hz)
Međuspratne konstrukcije u stanovima i kancelarijama	3	3
Međuspratne konstrukcije za ples ili sport	5	5

Tabela 3. Dopuštene vrijednosti sopstvenih frekvencija po Eurokodu 3 i 9

Ono po čemu se razlikuje pristup analiziranim konstruktivnim metalima je da se kod aluminijuma moraju uzeti redukovane karakteristike poprečnog presjeka tj. njihove efektivne vrijednosti u slučajevima poprečnih presjeka sa elementima velike vikosti.

5. GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

	Čelik	Aluminijum
Otpornost poprečnog presjeka klase 1,2 ili 3	$\gamma_{M0}=1,1$	$\gamma_{M1}=1,1$
Otpornost poprečnog presjeka klase 4	$\gamma_{M1}=1,1$	
Otpornost elemenata na gubitak stabilnosti	$\gamma_{M1}=1,1$	
Otpornost neto presjeka kod rupa za zavrtneve/otpornost poprečnih presjeka na lom usljed zatezanja	$\gamma_{M2}=1,25$	$\gamma_{M2}=1,25$

Tabela 4. Parcijalni koeficijenti sigurnosti po Eurokodu 3 i 9

I čelične i aluminijumske konstrukcije kao i njihovi sastavni elementi treba da se dimenzionišu tako da budu zadovoljeni osnovni proračunski zahtjevi za granična stanja nosivosti. Parcijalni koeficijenti sigurnosti γ_M za čelik i aluminijum treba uzeti iz Tabele 4. Iako na prvi pogled na tabelu postoji razlika, zapravo su preporučeni isti koeficijenti za oba materijala i za sve klase poprečnih presjeka-1,10. Lom usljed zatezanja zahtjeva veći koeficijent sigurnosti za oba materijala-1,25.

Usljed ograničenosti prostora, biće predstavljen samo skraćeni prikaz tematike, odnosno upoređiće se nosivosti čelika i aluminijuma na zatezanje, pritisak (bez trtiranja izvijanja) i savijanje.

5.1. ZATEZANJE

Za elemente napregnute na aksijalno zatezanje, računska vrijednost sile zatezanja N_{sd} u svakom poprečnom presjeku za oba materijala treba da zadovolji uslov:

$$N_{sd} \leq N_{t,Rd} \quad (1)$$

$N_{t,Rd}$ -računska otpornost poprečnog presjeka na zatezanje, a uzima se kao manja vrijednost od:

Računska otpornost presjeka	Čelik	Aluminijum
Plastična računska otpornost bruto presjeka	$\frac{A f_o}{\gamma_{M0}}$	$\frac{A_g f_o}{\gamma_{M1}}$
Grafična računska otpornost neto poprečnog presjeka	$\frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$	$\frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$

Tabela 5. Formule koje određuju računsku otpornost elemenata napregnutih na zatezanje

Gdje je: A -površina bruto poprečnog presjeka čelika; A_g -površina bruto poprečnog presjeka aluminijuma ili reducirani presjek usljed ZUT efekata; A_{net} -neto površina poprečnog presjeka čelika (traba odbiti rupe za spojna sredstva) i aluminijuma (odbijaju se rupe za spojna sredstva i uzima u obzir ZUT efekat), f_o i f_u -granice razvlačenja i čvrstoće na zatezanje materijala. Ove formule bi bile u potpuno iste i jednoznačne kada bi se poredili čelični i aluminijumski elementi koji nisu spojeni zavarivanjem.

5.2. PRITISAK

Čelik		Aluminijum	
$\frac{A f_o}{\gamma_{M0}}$	Važi za presjeke klase 1,2 i 3	$\frac{A_{eff} f_o}{\gamma_{M1}}$	Važi za sve presjeke
$\frac{A_{eff} f_u}{\gamma_{M1}}$	Poprečni presjeci klase 4	$\frac{A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$	Presjeci gdje egzistiraju rupe i otvori

Tabela 6. Formule koje određuju računsku otpornost elemenata napregnutih na pritisak

Za elemente napregnute na aksijalni pritisak, računska vrijednost sile zatezanja N_{sd} u svakom poprečnom presjeku za oba materijala treba da zadovolji uslov:

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd} \quad (2)$$

$N_{c,Rd}$ -računska otpornost poprečnog presjeka na pritisak, a uzima se kao manja vrijednost iz Tabele 6. Pri tome je: A -površina bruto poprečnog presjeka čelika; A_{eff} -efektivna površina poprečnog presjeka (za čelik ovo se odnosi samo na klasu poprečnog presjeka 4 i uzima se na osnovu efektivne širine pritisnutih zidova, a kod aluminijskog se ona bazira na redukovanoj debljini vodeći računa o izvijanju i ZUT efektima ali ignorišući rupe u presjecima); A_{net} -neto površina aluminijskog poprečnog presjeka uz odbijanje rupa i ZUT-a. Slijedeći formule iz Tabele 6. da se uočiti da Eurokod 3 diferencira pristup proračunu u zavisnosti od klase poprečnog presjeka, dok Eurokod 9 razlike pravi samo u tome dali je presjek oslabljen rupama, tj. otvorima ili ne. U tom slučaju preporučuje veći parcijalni koeficijent-1,25 i uzima neto površinu presjeka kao mjerodavnu, dok za sve ostale klase presjeka operiše sa efektivnom površinom, što je kod čelika slučaj samo kod klase presjeka 4.

5.3. SAVIJANJE

U odsustvu smičuće sile, računski moment savijanja M_{Sd} u svakom poprečnom presjeku za oba materijala treba da zadovolji uslov:

$$M_{Sd} \leq M_{c,Rd} \quad (3)$$

Čelik		Aluminijum	
		Bez varova	Sa varovima
Klasa 1 ili 2	$\frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$	$\frac{W_{pl} f_o}{\gamma_{M1}}$	$\frac{W_{pl,haz} f_o}{\gamma_{M1}}$
Klasa 3	$\frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}}$	$\frac{\alpha_{3,u} W_{el} f_o}{\gamma_{M1}}$	$\frac{\alpha_{3,w} W_{el} f_o}{\gamma_{M1}}$
Klasa 4	$\frac{W_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}$	$\frac{W_{eff} f_o}{\gamma_{M1}}$	$\frac{W_{eff,haz} f_o}{\gamma_{M1}}$

Tabela 7. Formule koje određuju računsku otpornost elemenata napregnutih na jednoosno savijanje

Gdje je: $M_{c,Rd}$ -računski moment otpornost poprečnog presjeka na savijanje; $W_{pl(eli)}$ -plastičnosti (elastični) otporni moment bruto poprečnog presjeka; α -faktor oblika; W_{eff} -efektivni elastični otporni moment, sračunat na osnovu reducirane debljine t_{eff} za klasu 4 kod aluminijskog; $W_{pl,haz}$ -efektivni plastičnosti otporni moment bruto poprečnog presjeka sračunat na osnovu reducirane debljine $\rho_{o,haz} t$; $W_{eff,haz}$ -efektivni elastični otporni moment sračunat na osnovu reducirane debljine $\rho_c t$ za klasu presjeka 4 ili $\rho_{o,haz} t$ za zavarene presjeke. Pri tome su: $\alpha_{3,u}=1$ i $\alpha_{3,w} = W_{el,haz}/W_{el}$ ili

$$\alpha_{3,u} = \left[1 + \left(\frac{\beta_3 - \beta}{\beta_3 - \beta_2} \right) \left(\frac{W_{pl}}{W_{el}} - 1 \right) \right], \alpha_{3,w} = \left[\frac{W_{el,haz}}{W_{el}} + \left(\frac{\beta_3 - \beta}{\beta_3 - \beta_2} \right) \left(\frac{W_{pl,haz} - W_{el,haz}}{W_{el}} \right) \right]$$

β -parametar vitkosti u najkritičnijem dijelu presjeka, $\beta_{1,2}$ -granične vrijednosti za isti dio presjeka. U slučaju savijanja, očuvavaju se znatne razlike u ponašanju čeličnih i aluminijumskih elementa, počevši od toga da se aluminijuma zasebno tretira u slučaju da je podužno zavaren. Ako to nije slučaj, onda je isti pristup analizi presjeka 1,2 i 4 kod oba metala, dok klasa presjeka 3 kod ima dodatni faktor koji detaljiše proračun a koji je u funkciji od klase izvijanja, dijela presjeka i mehaničkih karakteristika materijala.

6. SPOJNA SREDSTVA

Kod proračuna spojeva po Eurokodu 9, vidi se izrazita analogija sa Eurokodom 3, što je i razumljivo s obzirom na srodnost materijala, tako da se predlažu isti koeficijenti otpornosti: $\gamma_{M(b,r,p,w)}=1,25$ za zavrtnje, zakivke, čepove i šavove. Uočljive razlike su kod proračuna zavarenih spojeva, gdje se uvode posebnosti ZUT (zona uticaja toplote/HAZ-heat affected zone) efekata u okolini šavova. Od kvalitativnih novina treba spomenuti pravila i preporuke za proračun spojeva ostvarenih lijepljenjem. Kao sadržajno nova problematika, ovom načinu spajanja dodijeljen je veći koeficijent otpornosti: $\gamma_{Mw}=3,0$.

LITERATURA

- [1] Eurocode 3, Design of Steel Structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings, CEN-European Committee for Standardization, 1993
- [2] Eurocode 9, Design of Aluminium Structures, Part 1-1: General structural rules, prEN 1999-1-1, December 2004
- [3] Buđevac, D. Gligić, B.: Evrokod 9: proračun aluminijumskih konstrukcija, Građevinski Kalendar, Beograd, 2000

OVERVIEW: EUROCODES 3 AND 9- SIMILARITIES AND DIFFERENCES

Summary: *According to general trends of globalization, there are considerable efforts in adoption of unique provisions and norms. Considering this, it was worked continuously on improving and unifying provisions of European countries-Eurocodes. In these regions they are still not official and common, so the aim and object of this paper is to introduce Eurocodes which treat metal structures: Eurocodes 3 and 9 with all theirs similarities and differences. They consider the problems related to ultimate and serviceability limit states, designation of steel and aluminium alloys and other design specificities of aluminium as new structural material.*

Key words: *Eurocode 3, Eurocode 9, similarities, differences*

IDEJNO REŠENJE MOSTA PREKO REKE DETINJE U UŽICU - I NAGRADA

Biljana Vukelić Mikić¹
Nenad Jakovljević²

UDK: 72.011:725.95

Rezime: U tekstu je prezentovan prvonagrađen rad na konkursu za idejno rešenje mosta na Detinji u Užicu, pod šifrom 232323, čiji su autori Biljana Vukelić Mikić d.i.a. („Energokontakt Projektovanje”) i Nenad Jakovljević d.i.g. (“Mostprojekt”). SO UŽICE, JP „DIREKCIJA za IZGRADNJU“, Užice i DRUŠTVO ARHITEKATA UŽICE su u februaru 2006.g. raspisale konkurs za izradu idejnog rešenja mosta. Cilj konkursa je bio da se obezbedi kvalitetno rešenje, koje će doprineti likovnom identitetu grada i integrisanosti mosta sa ambijentom. Povod za raspisivanje konkursa bio je zahtev projekta regulacije korita reke Detinje koji nalaže zamenu potojećeg drvenog mosta novim širim pešačko - kolskim mostom.

Ključne riječi: Most preko Detinje, idejno rešenje...

1. ZADATAK KONKUSA

Most predvideti kao kolsko-pešački sa dvosmernim režimom saobraćaja, za kretanje svih motornih vozila. Kolski saobraćaj je nižeg inteziteta, a pešački značajnog. Konstrukcija mosta treba da bude u duhu sa vremenom svojom materijalizacijom i formom.

Opremanje i uređenje mosta treba da ističe pešačku vezu između obala reke (mobilijar, osvetljenje, obrada, moguće uvođenje zelenila...).

Dozvoljeno je osmisliti sadržaje kojima bi se istakla ova veza kao promenade, odnosno mesta koja imaju gravitacionu ulogu za pešake, po ponudi i sadržaju prostorno motivisanih žižnih tačaka. Ne postoje ograničenja u izboru konstruktivnih sistema, primenjenih materijala ukoliko su opravdani svrhom, formom i funkcijom mosta, kao i njegovom veličinom.

Radovi će biti vrednovani prema sledećim kriterijumima: kvalitet urbanističkog rešenja, konstruktivno rešenje, oblikovanje objekta, izvodljivost.

2. URBANISTIČKO REŠENJE

Novo urbanističko rešenje tretira obe obale kao pešačko-rekreativnu zonu koja se logično nastavlja na okolne sadržaje. Projektovanje šireg pojasa ozelenjenih pešačkih zona, nasuprot eventualne izgradnje objekata duž reke, dovelo bi do otvaranja poteza

¹ Biljana Vukelić Mikić, dipl.inž.arh., „Energokontakt Projektovanje” Beograd, ek_biro@beotel.yu

² Nenad Jakovljević, dipl.inž.grad., „Mostprojekt” Beograd, mostprojekt@YUBC.net

oko korita reke na ovom mestu. Vizuelno, to više ne bi bilo korito manje rečice, koju samo treba preći, već potez širih razmera, ambijent od većeg značaja za grad, koji bi privlačio ljude i aktivirao neke nove sadržaje.

Obale s jedne i druge strane mosta projektovane su kao pešačko-rekreativne zone koje oblikovno čine jedinstvenu celinu. I jedna i druga strana se spuštaju kaskadno ka reci, što vizuelno proširuje zonu reke, dajući joj značajniju ulogu u ovom delu rečnog toka.

Platoi obala su blago zatalasani i međusobno se prožimaju, tako da šetalište ne predstavlja klasičan linijski potez duž reke, već upućuje na kretanje u različitim pravcima i omogućava odvijanje različitih dešavanja.

Šetalište u zoni oko mosta poprma arhitekturu amfiteatra koji se proteže duž jedne i druge obale. Lučna proširenja – žižne tačke šetališta, imaju karakter trga i mesta okupljanja, koja se u vijugavom potezu dešavaju sa jedne i druge strane reke, stvarajući utisak da reka seče jedan veliki trg na dva dela. Vizuelna povezanost obale u jednu organsku celinu još više ističe reku kao centralni motiv oko koga se dešavaju sadržaji, kretanja, okupljanja. U ovakvom kontekstu, most omogućava i funkcionalno povezivanje ambijenta u jednu organsku celinu.

Obale projektovane kao svojevrsni amfiteatar međusobno komuniciraju, omogućavaju povezivanje određenih dešavanja sa jedne i druge strane, koncerata, takmičenja, multimedijalnih događanja itd.

Duž obala projektovani su različiti sadržaji. Samo šetalište predstavlja prostor multifunkcionalnog tipa – sadrži platoe, trgove, kaskade za sedenje u zonama amfiteratara, bine, staze za rolere isl.

Posebna pažnja posvećena je različitoj materijalizaciji platoa, kako bi se još više naglasila arhitektura šetališta.

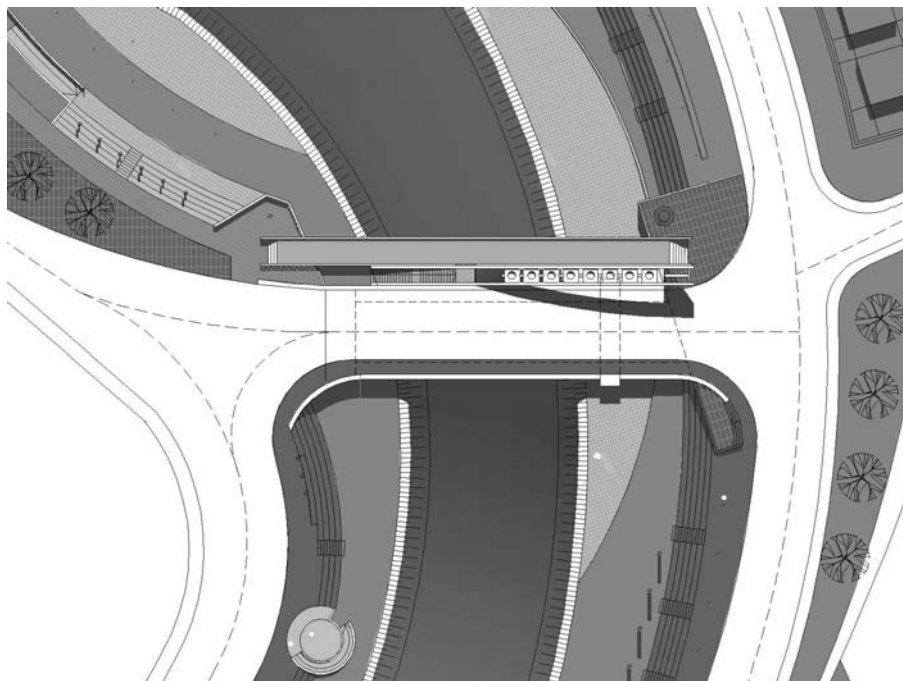
Za popločavanje su predviđeni različiti materijali – od granitnih ploča u na najvišim kotama platoa, do opekarskih ploča različitih boja i drvenih obloga na nižim nivoima šetališta.

3. MOST U OKRUŽENJU

Osnovni princip urbanističke postavke je logičnost i kontinuitet pešačkog i kolskog saobraćaja. Jedinstvena ravan mosta podeljena je na dva dela – na pešački i na kolski most, koje spaja (razdvaja) čelična lučna konstrukcija.

Pešački most uranja u platoe projektovane na najvišoj koti šetališta i čini sastavni deo njegove arhitekture. Takođe, on omogućava vezu gornje zone šetališta i donjeg nivoa - uz samu reku (preko lučne konstrukcije u čijem donjem delu je smešteno stepenište koje povezuje pešački most sa rekam). Osim što uspostavlja kontinuitet novoprojektovanih sadržaja obale, on predstavlja i logičan nastavak gradskih pešačkih tokova.

Kolski deo mosta funkcionalno povezuje saobraćajnice, kako postojeće saobraćajnice gradskog tkiva, tako i planirane saobraćajnice duž obala reka, prema potrebama novog regulacionog plana. Predviđen je za kolski saobraćaj manjeg intenziteta i sadrži trotoar koji omogućava brzu pešačku komunikaciju.



Slika 1. Osnova mosta sa parternim uređenjem

4. ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE

Pored osnovnog uslova kome je podređen arhitektonski koncept, a to je pre svega funkcija – povezivanje obala i kontinuitet kretanja, most je projektovan da zadovolji potrebu ambijenta. On predstavlja logičan nastavak i vizuelni akcenat nove arhitekture obale.

Pešački i kolski most projektovani su kao dva odvojena ravna platoa jednostavnog oblika. Njih povezuje (razdvaja) lučna konstrukcija koja predstavlja osnovni arhitektonski motiv. Simbolički, linija mosta (kolskog i pešačkog) predstavlja ravan vode iz koje izranja čelična lučna konstrukcija – riba.

Gledano bočno most je projektovan kao asimetrična dinamička forma. Luk koji deli dva mosta se u jednom delu spušta do nivoa donjeg šetališta, dok se na suprotnom kraju oslanja na plato na najvišoj koti.

U zoni koja se spušta do šetališta uz vodu, lučna konstrukcija nosi stepenište koje spaja pešački most sa donjim platom.

Asimetriju mosta pojačava i uvođenje međuoslonca u zoni kolskog mosta u vidu rustično obrađenih pilona. Takođe tom utisku doprinosi i različito arhitektonsko oblikovanje krajnjih oslonaca.

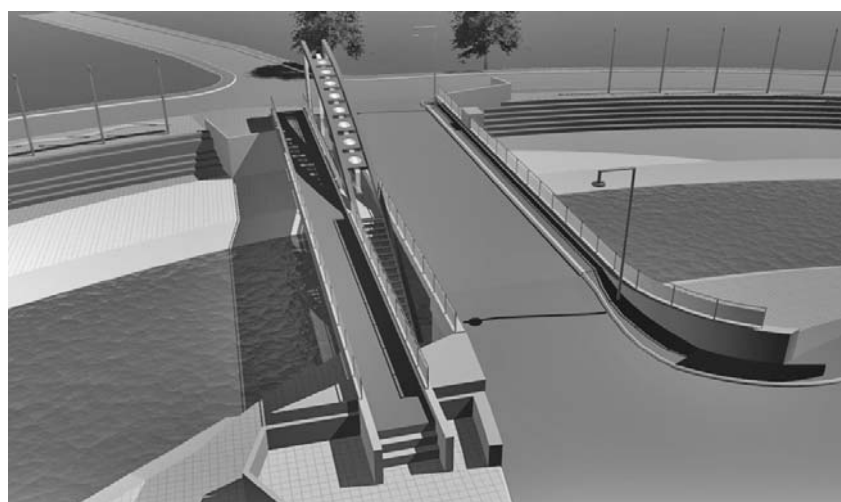
Posebna pažnja je posvećena ambijentalnom osvetljenju mosta. Na špicu luka, projektovan je stakleni zid – oko – kao veliki svetleći panel koji menja boju svetlosti.



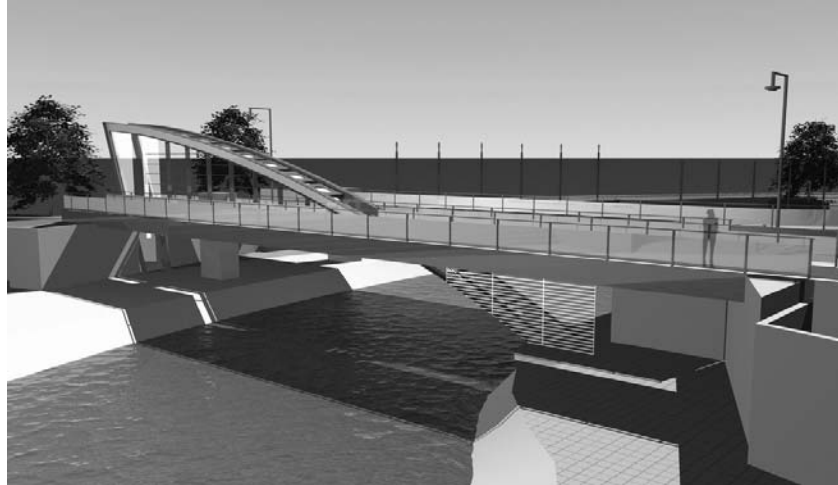
*Slika 3. Izgled mosta , nizvodna strana
„RIBA MOST“*



Čelični luk u delu ka kolskom mostu obložen je pleksiglasom iza kog su postavljeni nizovi neonskih svetala. Dva paralelna čelična luka su u gornjoj zoni spojena kvadratnim čeličnim formama ošupljnim u sredini. U njima su smešteni veliki reflektori koji bacaju svetlo direktno na dole, osvetljavajući reku i pešački most, naglašavajući pravac mosta.



Slika 4. Izgled most, pogled sa desne obale

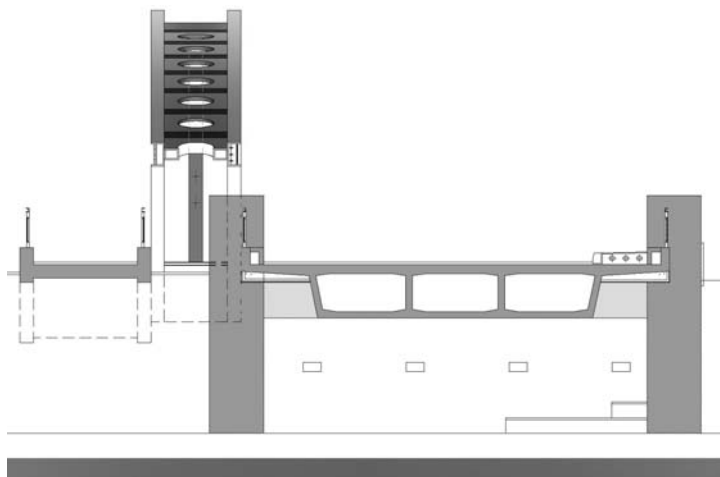


Slika 5. Izgled mosta, uzvodna strana

4. KONSTRUKCIJA

Most se u konstruktivnom smislu sastoji od dve nezavisne konstrukcije, međusobno povezane veznom konstrukcijom. Sve tri konstrukcije su u pravcu. Uzvodna konstrukcija je osposobljena za pešački saobraćaj sa širinom od 2.50m. Nizvodna konstrukcija je u pravcu sa niveletom u blagoj vertikalnoj krivini. Ukupna širina kolovoza je 7.0m sa pešačkom stazom širine 1.20m na nizvodnoj strani.

Između navedenih konstrukcija je umetnuta konstrukcija stepeništa koje spaja pešački most sa donjim nivoom šetališta, širine 1.40m. Ukupna dužina glavne konstrukcije mosta je 37.5m.



Slika 6. Poprečni presek mosta

Usvojeni rasponi svih konstrukcija su u sistemu kontinualnih nosača 25.0+8.0m.

Poprečni presek glavne konstrukcije mosta je sandučasta armiranobetonska konstrukcija visine 1.20m, širine 9.50m. Širina sanduka je 6.50m, sa obostranim konzolama po 1.50m. Armiranobetonski sanduk je sastavljen od tri komore. Debljina kolovozne ploče je 20cm, dok su sve ostale stranice sanduka od 12-15cm, na međusobnom kontaktu vutirane.

Glavna konstrukcija mosta preko para neoprenskih ležišta, na svakom osloncu, prenosi ukupno veritkalno i horizontalno opterećenje na armiranobetonske obalne oslonce i srednji stub. Obalni stub na levoj obali je blago zakošen za ugao od 20°.

Ostale dve konstrukcije su sa parom glavnih nosača, međusobno povezanih armiranobetonskom pločom. Oslanjanje konstrukcija je preko oslonačkih tačaka na srednjem, odnosno obalnim stubovima.

LITERATURA

- [1] J. C. McCormac: "Structural Steel Design", HarperCollins College Publishers, New York, 1995, 253p
- [2] D. Dakić, B. Božović: "Experimental Investigation on Locally Pressed I-beams Subjected to Eccentric Patch Loading", Journal of Constructional Steel Research, Vol.60 Nos.3-5, March-May 2004, p.525-534
- [3] M. Mitrović, O. Obradović, L. Lekić: "Softverska podrška jednom eksperimentalnom istraživanju", VIII naučno-stručni skup Informacione tehnologije - IT 2004, Žabljak, 2004. godine, str.71-74
- [4] Izvođački projekat mosta "Union Bridge" na Morači, u Podgorici, Građevinski fakultet u Podgorici, 2001/02. godine

PRELIMINARY DESIGN FOR THE BRIDGE OVER ĐETINJE RIVER IN UŽICE – SERBIA

Summary: *Main text portrays the awarded (first prize) preliminary design for the bridge over Đetinje river in Užice, project code 232323, designed by architect Biljana Vukelić Mikić (project department „Energokontakt Projektovanje”) and civil engineer Nenad Jakovljević (“Mostprojekt“).*

In February 2006, the Municipality of Užice, Public Utility Company „Construction Agency“, Užice and the Architectural Assotiation of Užice have anounced the competition for the elaboration of preliminary design for the bridge over Đetinje river in Užice. The aim of the competition was to provide for a quality solution that would both contribute to the visual identity of the city and integrate the bridge into the environment. What promoted the competition was the demand for the regulation project related to the bed of the river Đetinje, implying the replacement of the existing wooden bridge with a new, wider bridge for both pedestrians and vehicles.

Key Words: *The bridge over Đetinje river, preliminary design...*

UPUTSTVA KRALJEVSKOG KOMESARA FERENCA SKULTETIJA ZA UREĐENJE MARIJA TEREZIPOLISA

Viktorija Aladžić¹

UDK:711.4.01(497.113) SUBOTICA

Rezime: *Vrhunac sveukupnog razvoja grada predstavlja ostvarenje političke, kulturne, duhovne, a pre svega ekonomske samostalnosti grada, koje zajedno omogućavaju nastajanje snažne građanske klase, klase jednakih u blagostanju, gde je ustanovljena praktična vrednost suzdržavanja, reda, pravičnosti, rada, poštenja i discipline. Postanak ovakvih gradova možemo pratiti duboko u istoriju od vremena antičkog polisa, preko renesansnih slobodnih gradova Italije sve do novije evropske istorije. Iako postoje suštinske razlike između slobodnih gradova različitih epoha ipak imaju određene zajedničke karakteristike. Ovakav grad karakteriše ustanovljavanje određenih pravila ponašanja kojih se svi dobrovoljno ili prisilno pridržavaju, te je sudija jedan od najuticajnijih ličnosti u gradu. Među pravilima, osim onih koja sankcionišu teška krivična dela, najvažnija su graditeljska pravila prema kojima se grad izgrađuje u skladu sa potrebama, okruženjem, interesima, higijenskim i zdravstvenim zahtevima i svakako estetskim zahtevima. Svaki slobodan grad ranijih epoha morao je da raspolaže jedinstvenim graditeljskim pravilima koja su usmeravala jedinstveni razvoj grada, koji je potom rezultirao jedinstvenim karakterom i jedinstvenim identitetom njegovih građana.*

Ključne reči: *Slobodan kraljevski grad, graditeljska pravila,*

Vrhunac sveukupnog razvoja grada predstavlja ostvarenje političke, kulturne, duhovne, a pre svega ekonomske samostalnosti grada, koje zajedno omogućavaju nastajanje snažne građanske klase, klase jednakih u blagostanju, gde je ustanovljena praktična vrednost suzdržavanja, reda, pravičnosti, rada, poštenja i discipline. Postanak ovakvih gradova možemo pratiti duboko u istoriju od vremena antičkog polisa, preko renesansnih slobodnih gradova Italije sve do novije evropske istorije. Iako postoje suštinske razlike između slobodnih gradova različitih epoha ipak imaju određene zajedničke karakteristike. Ovakav grad karakteriše ustanovljavanje određenih pravila ponašanja kojih se svi dobrovoljno ili prisilno pridržavaju, te je sudija jedan od najuticajnijih ličnosti u gradu. Među pravilima, osim onih koja sankcionišu teška krivična dela, najvažnija su graditeljska pravila prema kojima se grad izgrađuje u skladu sa potrebama, okruženjem, interesima, higijenskim i zdravstvenim zahtevima i svakako estetskim zahtevima. Svaki slobodan grad ranijih epoha morao je da raspolaže jedinstvenim graditeljskim pravilima koja su usmeravala jedinstveni razvoj grada, koji je potom rezultirao jedinstvenim karakterom i jedinstvenim identitetom njegovih građana.

Subotica je dobila status slobodnog kraljevskog grada 1779. godine i time mnoge privilegije, ali i obaveze, no ovaj status u punom smislu reči bio je kratkog veka

¹ Mr. Aladžić Viktorija, dipl inž arh., Građevinski fakultat Subotica, Kozaracka 2a, tel: 554-300, e-mail: aviktor@tippnet.co.yu

jer ga je već sledeće godine ukinuo Franjo Josip, nakon smrti carice Marije Terezije, po kojoj je grad i dobio ime. Pod naletom Josipovih reformi ukinute su Privilegije slobodnih kraljevskih gradova, kao recidivi feudalnog društva zajedno sa županijama. Ugarska država je tada bila podeljena na deset okruga, sa kraljevskim komesarima na čelu, i na taj način je bila strogo centralizovana. U istoriji Subotice to tada nije bilo od velikog značaja budući da su gradske institucije bile na vrlo niskom stepenu razvoja a članovi senata koji su upravljali gradom nepismeni. U narednom periodu u grad su više puta bili izaslati Komesari koji su izdavali uputstva, i na taj način, postepeno, pod njihovim budnim okom, grad se počeo uzdizati iz seoske prašine.

Jedan od važnih perioda u razvoju Marija Tereziopolisa, današnje Subotice, svakako je period delovanja kraljevskog komesara Ferenc Skultetija kojeg je Ugarsko kraljevsko namesničko veće, uputstvom br. 22780 od 10. avgusta 1819. godine, uputilo u Marija Tereziopolis kao savetnika Ugarske kraljevske Komore radi sređivanja prilika u gradu. Komesar Skulteti je u gradu ostao četiri godine. Namesničko veće je tada naredilo Magistratu grada i njegovim službenicima da mu po svim pitanjima koja spadaju u nadležnost komesara izađu u susret.¹ Odmah nakon dolaska, komesar je izdao uputstva za rad gradskog građevinskog inspektora koji je trebao da sastavi planove i prednacрте za zgrade koje je grad nameravao da podigne, kao i za popravke postojećih zgrada u vlasništvu grada, itd.² Na mesto građevinskog inspektora imenovan je inženjer Jožef Vistingner (*Wüstinger Joseph*).

Radom prethodnog komesara Jožefa Gludovca u gradu nisu bili rešeni raniji problemi. Štaviše, što je grad više rastao i razvijao se, sve više problema se gomilalo, a rad gradske uprave se usložnjavao jer su se povećavale potrebe stanovništva, a i samog grada. Marija Tereziopolis je tada imao oko 40.000 stanovnika, napredovalo je materijalno stanje stanovnika ali se o prosvetčenosti i kulturi teško moglo govoriti. Stanovnici su bili nepismeni, pa se čak prilikom obnove gradske uprave 1820. godine nije moglo u gradu naći lice koje je bilo u stanju prepisivati tekst pisan na latinskom.

Iako je to bila obaveza Marija Tereziopolisa Magistrat nije raspolagao građevinskim pravilnikom kao drugi slobodni kraljevski gradovi, a pokazalo se da je zanemarivao grad te da se o nekom uređenju i ulepšavanju nije moglo govoriti. Komesar Skulteti je primetio da su se podizale nove kuće bez podnošenja prethodne prijave ili traženja dozvole od Magistrata iako je više puta bila doneta odluka da se to više ne dozvoli u gradu, a poslednji put 1788. godine. Sve to nije urodilo plodom te je komesar pozvao Magistrat da objavi naredbu po kojoj se zabranjuje podizanje i popravljanje kuća bez dozvole, dok ne bude napravljen plan o uređenju gradskih ulica.³ Ovo naređenje bilo je početak dugotrajnog puta tokom kojeg se kristalisala ideja o građevinskom pravilniku grada i o određenim pravilima koja su se prilikom izgradnje grada primenjivala, a koja su na gradu ostavila pečat i odredila njegov specifičan karakter koji je i danas prepoznatljiv.

Komesar je 11. jula 1820. godine izdao uputstva komisiji za uređenje grada koje se sastojalo od više tačaka među kojima i sledeće:

¹ IAS, 3.J.166/pol. 1819.

² IAS, F:13, 24.A.15/1819. Scult.

³ IAS, F:13, 9.A.46./1820. Scult.

1. *Treba izdvojiti unutrašnjost grada od predgrađa i odrediti u predgrađima glavne ulice u kojima se kuće ne smeju pokrivati trskom ili slamom nego samo crepom ili šindrom.*
2. *Kuće u unutrašnjosti grada ne treba graditi u dvorištima nego celom dužinom u liniji ulice. Ukoliko kuća ne zauzima celu dužinu kućnog placa onda se na preostalom delu do susedne zgrade mora podići zid i to u unutrašnjosti grada i na glavnim ulicama predgrađa od cigala i valjaka sa 7 do 8 stopa (oko 2,5 m) visine. U predgrađima zid može biti od nabijanice i 5 do 6 stopa visok. Nije dozvoljeno umesto zida podići ogradu od trske, dasaka ili sl.*
3. *Prozori na kućama treba da su u srazmeri sa visinom i širinom kuće ali im u unutrašnjosti grada visina mora biti najmanje 3,5 stope, a širine 3 stope, a u predgrađima moraju biti 3 stope visoki i dve široki. Zabranjuje se podizanje štala sa ulice. Ukoliko je položaj dvorišta takav da se štala na drugom mestu ne može postaviti, onda Magistrat mora na licu mesta izviditi slučaj i ukoliko izda potrebnu dozvolu onda je vlasnik zgrade u unutrašnjosti grada obavezan da radi gradskog izgleda stavi na štalu slepe prozore, jednake po visini i širini sa ostalim prozorima.*
4. *Novi zidovi u unutrašnjosti grada i na glavnim ulicama moraju biti najmanje 10 stopa visoki i izgrađeni od solidnog materijala. Neće se dozvoliti da oni budu podignuti od naboja.*
5. *Ako neko podigne kuću koja se graniči sa susednim terenom mora da podigne i granični zid i to radi vatrogasne preventive i urednijeg izgleda ulice.*
6. *Bunari i jame za smeštaj žitarica moraju biti udaljeni najmanje 2 hvata od susednog placa. Građevinski materijal za zidanje kuće ne sme se na ulici naslagati tako da smeta pešacima i kolskom saobraćaju.*
7. *U centru grada gde su kućni placevi manji, po mogućnosti ne treba unositi slamu, seno, itd, jer od toga lako nastaje požar, što važi prvenstveno za vlasnike salaša ili guvna. Ako se slama i seno već mora unositi, onda ili treba poslagati tako, da budu udaljeni od zgrade i time smanjiti opasnost od vatre.*
8. *Odžaci treba da budu široki i od pečene cigle, a iznad krova visoki najmanje dve stope. Drveni odžaci imaju se u roku od dva meseca porušiti i podići drugi po propisima. Još od 1782. godine Irmenjijeva komisija je zabranila stanovanje u kućama bez odžaka. Prema tome, kuće sa otvorenim krovom imaju se u roku od godinu dana popraviti ili ih vlasnici moraju napustiti i sebi podići nove kuće.*
9. *Bunari se imaju održavati. Posude za gašenje požara moraju biti uvek u pripravnosti. Sve kuće i zidovi prema ulici moraju se najmanje jedanput godišnje okrečiti.*
10. *Lepotu grada umanjuju a pešacima; pogotovo noću, smetaju hrpe kamenja i panjevi postavljeni pored kuća da ne bi kola prolazila neposredno pored njih. Negde se kopaju i oveći šančevi koji odvođe ne samo vodu, nego i svakojaku prljavštinu, pored samih kuća. Šančevi treba da budu udaljeni od kuća barem 4 stope i pokriveni; kamenje i panjevi treba da se odstrane sa ulica, a građanstvu se mora narediti da ne tera kola neposredno pored kuća.*
11. *Treba se pridržavati već postojeće naredbe, da stanovnici, pre podizanja zgrada treba da preko regulacione komisije dostave Magistratu njihov plan i konstrukciju s tim da tek posle dobijenog odobrenja mogu da pristupe izgradnji.*

Prilikom podizanja nove kuće treba se strogo pridržavati prave linije koja počinje od kuća na čoškovima i regulacionog plana.

12. *Ukoliko je iz opravdanih razloga potrebno da se odstupi od datih uputstava, ovo treba obrazložiti i sa mišljenjem, odnosno, odlukom Magistrata obavestiti o tome Namesničko veće u periodičnim izveštajima.*
13. *Ukaže li se potreba za otvaranjem novih ulica, treba paziti da budu najmanje 10 hvati široke.*
14. *Treba iskopati široke odvodne kanale zbog velikog blata koje nastaje od stajaće vode u zimsko vreme na ulicama, na glavnom trgu i u celom gradu, a otežava kretanje pešaka, pogotovo noću po neosvetljenim ulicama, i na trgu, kao i odlazak u crkvu. Vlasnici kuća u centru grada i u glavnijim ulicama se obavezuju da svoje ulice popločaju kamenjem, daskama, letvama ili – što je najjeftinije – pečenim ciglama. To ima da sprovede svaki vlasnik o svom trošku, a izdaci za opravku prelaza preko ulica pašće na teret gradske blagajne.*
15. *Još od 1786. godine bilo je izdato naređenje viših vlasti da se iz centra grada udalje suvače jer narušavaju izgled grada i predstavljaju opasnost od požara. Kosi se sa pozitivnim odredbama i postojanje kuća za pečenje rakije u centru grada i glavnim ulicama predgrađa. Najstrožije se naređuje njihovo odstranjivanje kao i odstranjivanje suvih mlinova iz centra grada u roku od godinu dana. Regulacionoj komisiji i njenim članovima naređuje se budnost i obaveza prijavljivanja svakog prekršitelja, a nove predloge koji će doprineti uređenju i ulepšavanju grada treba pismeno dostaviti Magistratu.⁴*

Istog dana imenovana je i Komisija za uređenje grada ili Regulaciona komisija od strane Magistrata a na predlog komesara Skultetija. Članovi komisije su bili gradski konzul Franjo Corda (Czorda), senatori Josip Antunović, Matija Marković i Simeon Mukić, predsednik izabrane opštine Stanislav Stipić i gradski građevinski inspektor Jožef Vistingner. Ova je komisija, obišavši sve gradske ulice, uskoro donela projekat spoljašnjeg uređenja grada, koji je tada imao više od 4000 kuća:

- *Gradski građevinski inspektor će na osnovu postojećeg plana razraditi plan geometrijske regulacije ulica tako da se zadrži sadašnji lik grada a sve promene predvide u prisutnosti članova komisije i uvidom na licu mesta.*
- *Uбудuće se nikom neće dozvoliti podizanje kuća, mlina, štale ili druge zgrade, kao ni znatnije izmene postojećih bez prethodne dozvole Magistrata. Ko se toga ne bude pridržavao i čija se zgrada ne bude podudarala sa gradskim planom, ona će se delimično ili u celosti porušiti. Ova odluka treba da se dva puta godišnje i to u mesecima martu i septembru objavi u svakom od četiri gradska kvarta.*
- *U unutrašnjosti grada kuće se smeju pokriti isključivo crepom ili šindrom a nikako slamom ili trskom, između ostalog i zbog opasnosti od požara.*
- *Da bi se unutrašnjost grada mogla razlikovati od pet predgrađa, određuje se šest glavnih ulica koje će predstavljati granice, odnosno činiti okvir unutrašnjosti grada.*

⁴ Gašpar Ulmer, *Kraljevski komesar Skulteti u Subotici (1819-1823), Analitički inventar, Subotica 1998, 9-10. IAS, F:13, 9.B.55/1820. Scult*

- Daje se na znanje, da se granice unutrašnjosti grada koja ima oblik kvadrata za sada određuje na ovaj način. Međutim, ako stanovnici predgoda budu obraćali pažnju na lepotu i ukrašavanje svojih kuća odnosno ulica i lepše gradili, granice unutrašnjosti će se proširiti.
- Ako usred regulacije gradskog područja nastane tj. izdvoji se zasebno kućište koje pripada gradu ono će biti prodato putem licitacije u smislu kraljevske naredbe dostavljene ovom gradu putem Mađarske komore pod brojem 9719 od 9. juna 1808. godine. Ukoliko ne bude voljan da kupi pomenuto kućište ono se može prodati susedu.
- Komisija će oštrije postupiti u vezi otkupljenih kućišta na kojima još nisu podignute zgrade i koja služe samo za noćno sklonište sumnjivim licima. Premda je, naime, još odlukom Magistrata br. 271 aec. od 19. jna 1813. bilo predviđeno da se vlasnicima oduzmu kućišta na kojima u roku od 3 godine ne budu podignute zgrade, komisija će rok izvršenja ove odluke produžiti na još tri godine.
- Komisija će se najstrožije pridržavati obaveznog uputstva ovdašnje kraljevske komisije od 11. jula 1820. godine u odnosu na položaj kuća prema ulici i prema susednim zgradama, materijal kojim će se kuća izgraditi, visinu kuće, veličina prozora, materijal kojim će se novopodignuta kuća pokriti kao i na suvače, uljare i kuće za pečenje rakije koje se radi izgleda grada i uređenja ulica moraju premestiti.
- Posebno se objavljuje da će vlasnici novih kuća, izgrađenih po propisanim uputstvima i podesnih za davanje konaka vojsci, biti primljeni u red građana sa svim beneficijama koje im pripadaju.
- Obzirom na privatnu i opštu sigurnost, kao i izgled grada, a posebno u smislu najviše odluke po pitanju premeštanja suvih mlinova saopštene od ranijih kraljevskih komesara koji su boravili u ovom gradu komisija predlaže naredbu po kojoj četiri suvače koje se nalaze u centru grada moraju biti premeštene u roku od šest godina. Neće biti dozvoljena nikakva veća popravka pomenutih mlinova, a ukoliko se vlasnik bude ranije odlučio za premeštaj svog mlina, isplatiće mu se iz gradske blagajne 400 forinti na ime troškova za rušenje i ponovnu izgradnju mlina. Što se tiče mlinova u ostalim delovima grada, oni se moraju, prilikom restauracije, povući do regulacione linije naznačene u geometrijskom planu. Mlinovi u glavnim ulicama koje vode u centar grada moraju se prilikom restauracije podesiti tako, da mlin bude u dvorištu, a kuća mlina prema ulici. Ako se to ne može sprovesti, o čemu će konačnu odluku doneti Magistrat oko suvače ili uljare, mora se podići poviši zid.
- Što se tiče slepih ulica koje služe susednim kućevlasnicima za kolski ulaz u njihova dvorišta, a noću za utočište sumnjivim licima, komisija je mišljenja da kućevlasnici u susedstvu slepih ulica otvore sebi ulaz u dvorište sa otvorene ulice.⁵

Komisija je potom dala konkretne predloge kako treba regulisati pojedine ulice, zatim je predložila da se groblja izmeste izvan gradskih šančeva, i da se ograde ogradom

⁵ Gašpar Ulmer, *Kraljevski komesar Skulteti u Subotici (1819-1823), Analitički inventar, Subotica 1998, 11-12.*

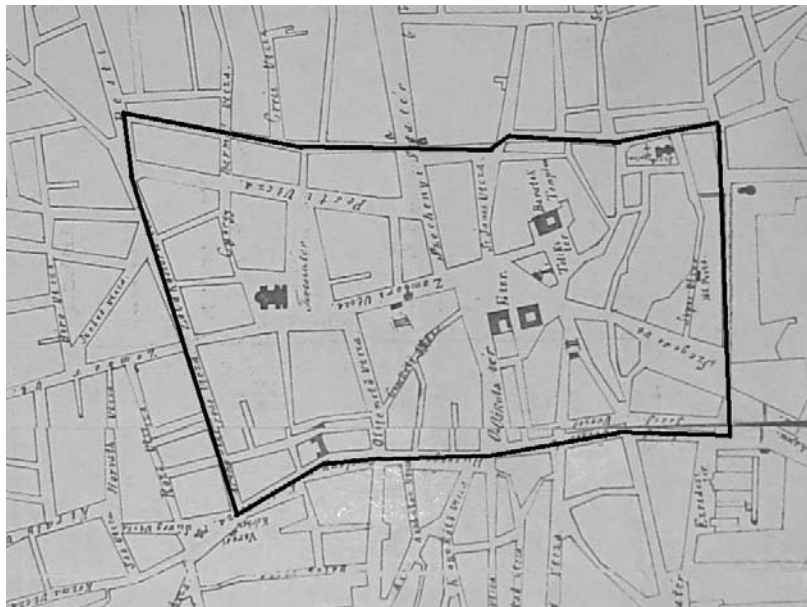
ili jarkom da se stoka tamo ne bi mogla napasiti i skrnaviti grobove. Predložila je da se donese naredba po kojoj će svaki vlasnik kućišta u centru grada i glavnim ulicama koje vode u grad morati da poploča stazu opekom u širini od 4 stope kako bi se omogućilo kretanje ulicama i kada je kiša i blato. Siromašni građani bi opeku za ovaj posao dobili po ceni koštanja. Senatori i njihovi potčinjeni su dobili zadatak da paze da niko više ne izbacuje smeće na ulicu, već da se smeće iznosi na jedno posebno za to određeno mesto koje će odrediti Magistrat, a ovo smeće će moći da koriste vlasnici vinograda i bašti za đubrenje. Komisija je takođe predvidela da se zabrani držanje stoke koja se izvodi na pašu pogotovo u unutrašnjem gradu. Potom su predviđene i protivpožarne mere koje su obuhvatale popravku crkvenog tornja kako bi se na njemu noću stražarilo i osmatralo da li je negde izbio požar, potom se predviđalo kopanje još četiri bunara, te podizanje šupe pored svakog od njih za čuvanje vatrogasnog alata, kod javnih zgrada se predviđalo držanje u pripravnosti buradi sa vodom i kablova kao i najmanje šest konja koji će po potrebi prevoziti burad iz gradskog dvorišta, te da se u svakom od deset kvartova postave stražari koji će brinuti o blagovremenom čišćenju dimnjaka, i o tome da li vlasnici kuća drže pred svojim kućama bure sa vodom, te da li su im bunari u dobrom stanju. Komisija je takođe predložila da se odredi šest noćnih čuvara koji će obilaziti grad i glasno najavljivati koliko je sati da bi se zločinci zastrašili budući da u grada nije bilo noćnog osvetljenja.⁶

U predlozima komisije navedena je i granica unutrašnjeg grada koja je počinjala između kuća Janoša Varge (*Joanis Varga*) i Katarine Štajninger (*Chatarina Steininger*), danas ugao ulica Đure Đakovića i Maksima Gorkog, potom se kretala pored kuće gradskog lekara Georga Šulca (*Georgii Schultz*), na uglu ulice Braće Radića i Maksima Gorkog, granica je dalje nastavljala Petrovaradinskim putem, današnjom ulicom Maksima Gorkog sve do kuće Maćaša Kestheljija (*Martin Keszthelyi*) i Stipana Stipića (*Stephan Sztipits*), odnosno do uglova današnjih ulica Maksima Gorkog i Zagrebačke. Granica je dalje išla na sever preko Somborskog puta pa između kuća Jožefa Balaža (*Joseph Balázs*) i Jožefa Račmanjija (*Joseph Rácsmány*) na uglu današnjeg Somborskog puta i Preradovićeve ulice. Granica unutrašnjeg grada se pružala dalje na sever današnjim Karađorđevim putem sve do ugla sa ulicom Žarka Zrenjanina između kuća Pavla Vojnića (*Paul Vojnits*) i Adama Kulunčića (*Adam Kuluntsits*). Granica je potom skretala na istok pored kuće Sime Kovačevića (*Simon Kovacsevits*) i Antuna Poljakovića (*Anton Polyakovits*), do današnjeg trga Oktobarske revolucije potom između kuća Marjane, udove Šišković i Ivana Mukića (*Joanis Mukits*) današnjim trgom Sunagoge do kuća Antuna Sigmajstera (*Anton Szaghmeister*) i Arsena Krnjajskog (*Arsen Kernaiszky*), današnjom ulicom Zmaj Jovinom, sve do ugla sa ulicom Đure Đakovića i ponovo na jug do kuće Janoša Varge.

Grad se prema tadašnjim shvatanjima delio na urbanizovani unutrašnji grad i seosko predgrađe. Iako unutrašnji grad nikada nije u potpunosti zaživeo, niti je ikada bio ograđen zidinama i kapijama kako je to bilo predviđeno na prvoj rukopisnoj karti grada 1778. godine, u kasnijim vremenima veličina unutrašnjeg rada se donekle menjala, ali je pravilnikom bila određena za spratnu reprezentativnu gradnju, dok je periferija bila namenjena prizemnoj gradnji. Danas se ovaj unutrašnji grad reflektuje u zaštićenoj zoni gradskog jezgra koje ima poseban status, ali i približnu teritoriju nekadašnjeg

⁶ Gašpar Ulmer, *Kraljevski komesar Skulteti u Subotici (1819-1823), Analitički inventar, Subotica 1998, 12 -14. IAS, F:13, 24.B.27./1820. Scult.*

unutrašnjeg grada. Pažljivom analizom uočićemo da su i drugi elementi Skultetijevih uputstava preživljavali kroz vekove i dosegli do današnjih dana, određujući urbanu i estetsku strukturu grada. Zanemarivanje pravila koja su bila usvojena u vreme Skultetija donosi gradu danas mnogo problema, a najuočljivija su ona koja se odnose na čistoću ulica i trotara, te prepreke koje na ljudi postavljaju na trotoarima, kao i u vezi kopanja odvodnih kanala za atmosfersku vodu. U brojnim delovima grada uočljivi su problemi sa sporim oticanjem vode i stvaranjem velikih bara koje ometaju saobraćaj nakon jačih i učestalih kiša isključivo zbog zanemarivanja ulične mreže otvorenih kanala koji regulisali oticanje atmosferskih voda u gradu. Skultetijeva uputstva pokazuju veći stepen poznavanja prilika u gradu i njegovih problema nego što bi to danas bio slučaj, te bi svakako bilo preporučljivo detaljno upoznavanje sa ovim pravilima i njihovo primenjivanje u oblastima u kojima su neopravdano zapostavljena.



Slika 2. Zona unutrašnjeg grada kako je bio definisan u vreme delovanja komesara Ferenc Skultetija u Subotici označena na karti grada iz 1869. godine.



Slika 1. – Rukopisna karta Marija Tereziopolisa iz 1778. godine u vreme dobijanja statusa slobodnog kraljevskog grada.

INSTRUCTIONS OF ROYAL COMMISSAR FERENCZ SKULTETY FOR DEVELOPMENT OF MARIA THERESIOPOLIS

***Resume:** To reach the summit of urban development of a city, it is necessary to reach political, cultural, spiritual, and above all, economic independence of a city, which will induce development of civil society, society of equals in well-being, where there are a practical values of selfcontrol, order, respect, work, honesty and discipline. Development of such cities can be traced far back in history from ancient time of Greek Polis, through free renaissance cities of Middle age Italia, up to new European history. Even there are vital differences between different cities in the certain period of time, they all have some similarities. Certain rules must be respected in all of them, and the judge is the most influential character in the city. Among rules, apart of those which penalize crimes, most important are building rules that govern the building of a city, according to needs, environment, wishes, higienic and medical demands and of course to esthetic needs. Every free city of earlier times had specific building rules which influenced its development that resulted in unique character and identity.*

***Key words:** Free Royal city, building rules*

KONTINUITET IZRADA PROSTORNO – PLANSKE DOKUMENTACIJE NA TERITORIJI OPŠTINA U REPUBLICI SRPSKOJ

Branislav B. Bijelić¹

UDK:711(497.6)

***Rezime:** Izrada prostorno – planske dokumentacije predstavlja praktično otjelotvorenje prostornog planiranja kao naučne discipline i djelatnosti od javnog interesa. Kontinuitet izrade prostorno – planske dokumentacije na teritoriji opština u Republici Srpskoj proističe iz prakse prostornog planiranja u Socijalističkoj Republici Bosni i Hercegovini. Ovaj rad se fokusira na prostorne planove koji predstavljaju značajni dio ukupne prostorno – planske dokumentacije na teritoriji opština u Republici Srpskoj.*

***Ključne reči:** Prostorno – planska dokumentacija, kontinuitet, opštine, Republika Srpska*

1. UVOD

Izrada prostorno – planske dokumentacije predstavlja praktično otjelotvorenje prostornog planiranja kao naučne discipline i djelatnosti od javnog interesa. Stoga, praksa prostornog planiranja se može definisati kao aktivnost vezana za ostvarenje principa i ciljeva prostornog planiranja u realnom životu putem izrade prostornih planova, i što je najvažnije, njihove implementacije.

Kontinuitet izrade prostorno – planske dokumentacije na teritoriji opština u Republici Srpskoj proističe iz prakse prostornog planiranja u Socijalističkoj Republici Bosni i Hercegovini. Ovaj rad će se fokusirati na prostorne planove kao dijelu ukupne prostorno – planske dokumentacije na teritoriji opština.

2. IZRADA PROSTORNO – PLANSKE DOKUMENTACIJE NA TERITORIJI OPŠTINA U RS

Počeci izrade prostornih planova u SR BiH sežu u osamdesete godine prošlog vijeka. Taj period bi se zbog velikog broja urađenih prostornih planova različitih nivoa mogao nazvati i «zlatnim periodom prostornog planiranja» u BiH. U tom periodu izrađen je i najviši prostorno – planski dokument – Prostorni plan Socijalističke Republike Bosne i

¹ Branislav Bijelić, dipl. prostorni planer, Urbanistički zavod RS, a.d., Banja Luka, Save Mrkalja 16, +387 51 660 085, e-mail: bbijelic@iu-rs.com

Hercegovine [1]. Pored ovog najvišeg prostorno – planskog dokumenta urađen je jedan regionalni prostorni plan (Prostorni plan Grada Sarajevo), nekoliko prostornih planova poručja posebne namjene (nacionalni parkovi, akumulacije, područja eksploatacije mineralnih sirovina), a veliki broj opština (osnovnih jedinica lokalne samouprave) je dobio svoje prostorne planove. Nažalost, rat i ratna dešavanja u periodu 1992 – 1995 prekinula su ovaj prostorno – planski zamah.

Do 1992. god. glavne vrste prostornih planova koji su pokrivali teritorije opština u potpunosti ili djelimično, bili su regionalni prostorni planovi, prostornih planova poručja posebne namjene i kao najbrojniji (i sigurno najznačajniji) prostorni planovi opština.

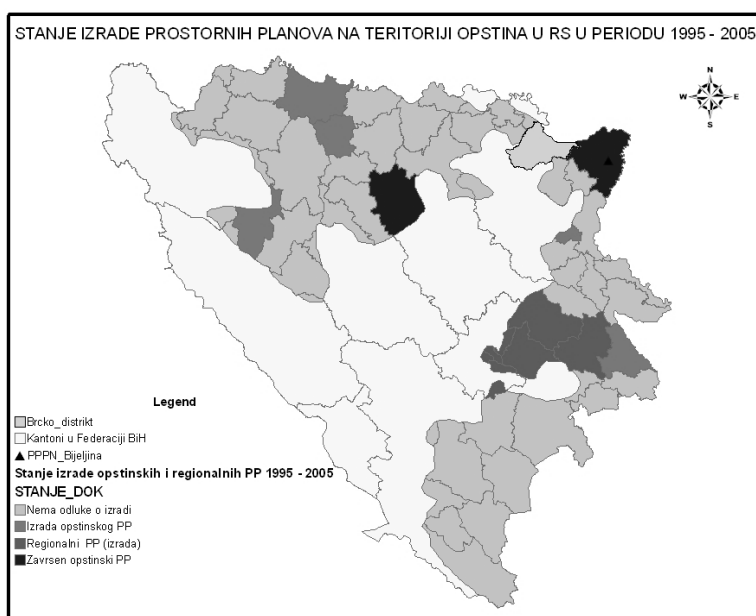
Urbanistički zavod RS 1999. god. uradio dokument pod nazivom „Informacija o stanju i izradi prostorne i urbanističke dokumentacije po opštinama i gradovima Republike Srpske“[2]. Ova analiza je urađena na bazi ankete koja je izvršena u opštinskim odjeljenjima ili odsjecima zaduženim za poslove prostornog uređenja. Na osnovu ove ankete došlo se do zaključka da je 29 opština u RS imalo urađen opštinski prostorni plan u periodu do 1992. god. (uključujući i opštinu Brčko koja je tada bila u sastavu RS), a da su u predratnom periodu urađena i dva prostorna plana poručja posebne namjene: Prostorni plan posebnog područja „Miljevina“ i Prostorni plan Nacionalnog parka „Sutjeska“. Međutim, vrijeme je pokazalo da su napravljene određene greške koje su posljedica nepoznavanja procedure usvajanja prostornog plana, kao i nedostatka podataka iz opština čiji je urbani dio ostao u Federaciji BiH. U prvom slučaju, kao usvojeni prostorni planovi su prikazani prostorni planovi opština koji su ostali u fazi nacrt ili prijedloga. U drugom slučaju, sve pogranične ruralne opštine RS su prikazane kao opštine bez prostornih planova, iako je veći dio ovih prostora kao dio bivših cjelovitih opština u SR BiH bio pokriven usvojenim prostornim planovima. Okvirna analiza pokazuje da su teritorije 22 današnje opštine imale usvojene opštinske prostorne planove ili bile pokriven regionalnim prostornim planom (Istočna Ilidža, Istočni Stari Grad, Istočno Novo Sarajevo, Pale i Trnovo). Za 10 opština nije sigurno da li su planovi bili usvojeni ili su ostali nezavršeni i neusvojeni u nekoj fazi rada (nacrt ili prijedlog). Broj usvojenih opštinskih planova i opština pokrivenih prostornim planovima prije 1992. god. biće veći, ne samo kada budu dostupni tačni podaci iz opštinskih centara koji su ostali u RS, nego i kada budu poznati podaci iz opštinskih centara (Bosanska Krupa, Bosanski Petrovac, Drvar, Sanski Most, Ključ, Jajce, Kupres, Gradačac, Gračanica, Orašje, Odžak, Kalesija, Goražde, Stolac, Mostar) koji su ostali u Federaciji BiH, a jedan dio njihove prijeratne ruralne teritorije danas predstavlja opštinu u RS. Zbog svega toga se može osnovano pretpostaviti da je 30 – 35 opština (više od polovine) u RS bilo pokriveno usvojenim prostornim planovima različitih vrsta, a da su za preko 20 današnjih opština prostorni planovi ostali nezavršeni, odnosno neusvojeni u nekoj fazi rada (nacrt ili prijedlog). Jedan od zadataka, koji se postavljaju pred struku u narednom periodu, jeste i konačno kompletiranje informacije u vezi završenosti prostornih planova usvojenih prije 1992. god. po opštinama RS.

Period nakon 1995. god., nažalost, nije donio očekivanu „eksploziju“ izrade prostornih planova u opštinama Srpske. Jedini značajniji uspjeh u ovom periodu je usvajanje Prostornog plana Republike Srpske 1996 – 2015, etapni plan 1996 – 2001 (takozvani

„Etapni plan“), koji je usvojen u septembru 1996. god. od strane Narodne Skupštine Republike Srpske [3].

S druge strane, usvojena su svega tri opštinska prostorna plana (dva prostorna plana opštine Bijeljina 1998. i 2004. god. i Prostorni plan opštine Teslić) i jedan prostorni plan posebnog područja (takođe za Bijeljina). Na taj način su samo dvije opštine u RS pokrivene prostornim planovima novijeg datuma. Treba naglasiti da u poslijeratnom periodu nije donesen nijedan regionalni prostorni plan.

Trenutno je u Republici Srpskoj u izradi pet opštinskih prostornih planova i jedan regionalni prostorni plan (Prostorni plan Grada Istočno Sarajevo).



Slika 1: Stanje izrade prostornih planova na teritoriji opština u RS u periodu 1995 – 2005

3. ZAKLJUČAK

Kontinuitet izrade prostornih planova na teritoriji opština u RS postoji, ali ne na očekivanom nivou. To je vidljivo iz podataka da svega 2 opštine imaju usvojene opštinske prostorne planove poslije 1995. god. (6.41 % od ukupne površine RS), da je usvojen jedan prostorni plan posebnog područja; i da je u toku izrada samo jednog regionalnog prostornog plana i pet opštinskih prostornih planova (17.23 % površine RS).

Nedostatak strateških prostorno – planskih dokumenata, kao što su prostorni planovi opština i regionalni prostorni planovi, najviše štete donosi opštinama, čiji je razvoj uveliko limitiran tom činjenicom. Većina opština u RS ne može da odvoji sredstva za izradu prostornih planova, pošto su njihovi budžeti veoma skromni i socijalnog karaktera. Ovdje se javlja jedan začarani krug, jer bez kvalitetnog prostornog plana nema snažnijih razvojnih kretanja, nema investicija, novih radnih mjesta... Treba napomenuti da Prostorni plan RS ne može, kao jedan generalni strateški okvir, dati detaljne smjernice i okvir za prostorni razvoj svake opštine ponaosob. To mogu uraditi jedino regionalni prostorni planovi i prostorni planovi opština, pri čemu se moraju poštovati planska rješenja PP RS.

Razvojna logika u prethodnih 10 godina je nalagala potrebu da čitava teritorija RS bude pokrivena modernim i kvalitetnim prostornim planovima različitih vrsta, ali prije svega prostornim planovima opština. Kvalitetni razvojni pomak nije moguć bez usvajanja i implementacije strateških planova, a praktično jedini planovi koji imaju uporište u zakonskoj regulativi Srpske su prostorni planovi. Iskustva razvijenih zemalja ukazuju na značajnu ulogu strateških planova i u okviru njih prostornih planova u njihovom ukupnom društveno – ekonomskom napretku. Izostanak izrade prostornih planova na teritoriji opština zasigurno predstavlja jedan od razloga razvojne stagnacije na lokalnom nivou. Iako u Zakonu o uređenju prostora postoji odredba da sve opštine u RS moraju da donesu svoj prostorni plan, ta odredba se ne poštuje. Rezultat toga je podatak da ni 1 / 4 teritorije Srpske nije pokriveno novim usvojenim prostornim planovima, kao i novim prostornim planovima u izradi.

Prostorni planovi usvojeni prije 1992. god. na nivou opština su potpuno prevaziđeni. Ratna dešavanja i promjena društveno – političkog sistema su usloveli potpunu neprimjenjivost njihovih planskih rješenja. Pored toga, na potrebu izrade novih prostornih planova na teritoriji opština utiče i činjenica da su planski horizonti većine usvojenih prostornih planova istekli ili su pred isticanjem.

Jedna od mogućih rješenja, kojom bi se opštinama pomoglo, a naročito onim nerazvijenim, sa najvećim problemima u privredi, infrastrukturi, javnim službama, životnoj sredini itd., jeste osnivanje jednog fonda na nivou RS, čiji bi zadatak bio finansiranje ili sufinansiranje izrade prostornih planova za opštine koje nemaju mogućnosti finansiranja izrade planova. Na taj način bi se dao snažan podsticaj lokalnom razvoju, a na taj način i ukupnom razvoju Srpske.

LITERATURA

- [1] Prostorni plan Bosne i Hercegovine za period 1981 – 2000, prečišćeni tekst; Skupština SR BiH; Sarajevo; 1989;
- [2] Informacija o stanju i izradi prostorne i urbanističke dokumentacije po opštinama i gradovima Republike Srpske; Urbanistički zavod Republike Srpske, Banja Luka, 1999;
- [3] Prostorni plan Republike Srpske 1996 – 2015, etapni plan 1996 – 2001, Urbanistički zavod Republike Srpske, Banja Luka, 1996;
- [4] Pravilnik o sadržaju planova, Službeni glasnik RS 7/03;
- [5] Zakon o uređenju prostora, Službeni glasnik RS 84/02;

CONTINUITY OF THE PREPARATION OF SPATIAL-PLANNING DOCUMENTATION IN THE TERRITORY OF REPUBLIC OF SRPSKA MUNICIPALITIES

***Summary:** Preparation of spatial planning documentation presents a practical creation of spatial planning as scientific discipline as well as the activity of public interest. Continuity of the preparation of spatial-planning documentation in the territory of Republic of Srpska municipalities originates from the practice of spatial planning in Socialist Republic of Bosnia and Herzegovina. This work is focused on spatial plans which present a significant part of total spatial-planning documentation in the territory of Republic of Srpska municipalities.*

***Key words:** Spatial-planning documentation, continuity, municipalities, Republic of Srpska*

URBANISTIČKI PLAN BIJELJINE PREDNOSTI, SLABOSTI, MOGUĆNOSTI RAZVOJA

Branka Blagojević, dia¹,
Slavko Lukić, dia²,
Biljana Gajić, dis³

UDK:711.4-163

Rezime: Urbanistički plan grada Bijeljine rađen je u periodu burnih procesa i odnosa, kontrolisanih i nekontrolisanih, planskih i neplanskih, a zbog kojih je Bijeljina kao grad i centar opštine doživjela snažnu ekspanziju, koja je opet, na određeni način i u određenom obimu, poremetila odnose u prostoru unutar urbanog područja grada. U radu su prikazane prednosti, slabosti i mogućnosti prostornog razvoja na konkretnom primjeru urbanog područja Bijeljine u realnim okolnostima vremena izrade plana, ali suštinski predstavljaju samo segment složenog procesa strategije razvoja Republike Srpske u uslovima tranzicije.

Nakon ocjene stanja organizacije, uređenja i korišćenja prostora urbanog područja Bijeljine (uvod), identifikuju se i analiziraju prednosti, slabosti i mogućnosti prostornog razvoja, te konačno izdvajaju prioritete i predlažu mjere i instrumenti za implementaciju planskih rješenja.

Gljučne riječi: Planiranje, tranzicija, prednosti-slabosti-mogućnosti prostora, prioritete

1. UVOD

Socio-ekonomski razvoj uvijek je povezan sa razvojem zemljišta. Svaki tip socio-ekonomskih aktivnosti pretpostavlja angažovanje prostora i na taj način utiče na transformaciju zemljišta. Karakteristike ovih kretanja imale su svog uticaja na korišćenje prostora Bijeljine, dovodeći do značajnog odstupanja u odnosu na planirano.

Problem koji se jasno uočava, a prisutan je određeni vremenski period posebno na teritoriji urbanog područja opštinskog centra, jeste nagli priliv i zadržavanje stanovništva, njegov neravnomjeran razmještaj i izmjena strukture, enormno povećanje potrebe za stambenim i radnim prostorom i konačno nemogućnost da se iste isprate adekvatnim pratećim prostorima i sadržajima (posebno nerazvijenost infrastrukturnih sistema). S obzirom da je obim i tempo doseljavanja bio neočekivano velik, na terenu je došlo do, ne samo neplanske, već i bespravne izgradnje.

¹ Branka Blagojević, dipl.inž.arh., Zavod za urbanizam i projektovanje Bijeljina, M.Crnjanskog 10, Bijeljina, tel: +38755/225-055, e-mail: zavod@rstel.net

² Slavko Lukić, dipl.inž.arh., Zavod za urbanizam i projektovanje Bijeljina, M.Crnjanskog 10, Bijeljina, tel: +38755/211-810, e-mail: zavod@rstel.net

³ Biljana Gajić, dipl.inž.saobr., Zavod za urbanizam i projektovanje Bijeljina, M.Crnjanskog 10, Bijeljina, tel: +38755/225-055, e-mail: zavod@rstel.net

Takođe značajan problem predstavlja neadekvatno korišćenje centralnog gradskog prostora od strane neprofitabilnih djelatnosti ili pak devastacija dijelova tog prostora. Još uvijek nije izgrađen odgovarajući tržišni ambijent (tržište zemljišta/lokacija, tržište zakupa, tržišne institucije i mehanizmi, finansijski sistem), a ni postojeći institucionalni i zakonski ambijent nije adekvatno iskorišćen. Naime, u proteklim godinama izostalo je djelovanje odgovarajuće institucije, koja bi se u ime lokalne zajednice bavila pitanjima gazdovanja građevinskim zemljištem i na taj način uticala na razvoj zemljišne ekonomije. Zato je stalni nedostatak sredstava usporavao komunalno opremanje novoizgrađenih područja, ali istovremeno i rekonstrukciju postojeće infrastrukture. Ovaj generalni problem ima posljedice koje se ogledaju u niskom kvalitetu života na urbanom području grada Bijeljine, ugrožavanju ekosistema (prirodnih vrijednosti), ugrožavanju važnih resursa i potencijala prostora (građevinsko zemljište-neracionalno korištenje), te nedostatku pratećih javnih sadržaja i funkcija.

2. PROSTORNI RAZVOJ URBANOG PODRUČJA GRADA BIJELJINE

Prednosti :

- Opština Bijeljina, u poređenju sa drugim opštinama u Republici Srpskoj ima veoma značajan geostrateški položaj. Urbano područje grada nalazi se na raskrsnici značajnih putnih pravaca što predstavlja izuzetnu povoljnost za povezanost Bijeljine sa užim i širim okruženjem.
- Bijeljina spada u red najvećih opština po broju stanovnika. Konkretno, po veličini je druga opština u Republici Srpskoj – broj stanovnika do 2015. godine (planski period Urbanističkog plana) procjenjuje se na oko 175 000 stanovnika na teritoriji opštine, odnosno oko 85 000 na teritoriji urbanog područja opštinskog centra – grada Bijeljine.
- Područje urbanističkog plana grada Bijeljine ima veoma dobre prirodne uslove i povoljnosti terena za budući razvoj. Osnovne morfološke karakteristike predstavljene su obilježjima ravničarskog terena koji su dio Semberske ravni. Geotehničke karakteristike u pogledu stabilnosti i nosivosti terena su dobre.
- Teritorija urbanog područja je relativno velika po svojoj površini (3 110,0 ha), sa većim neizgrađenim površinama što obezbjeđuje povoljne uslove budućeg širenja centralne zone i uslove adekvatne urbanizacije dijelova urbanog područja grada.

Slabosti :

- Slabosti prostorne organizacije u urbanom području grada, koje su evidentno egzistirale i u proteklom periodu, sada izbijaju u prvi plan i dobijaju nove dimenzije iz kojih se stvaraju ograničenja i opasnosti prostornog razvoja.
- Nedostatak programa i dinamike uređenja građevinskog zemljišta sa nizom institucionalnih problema.
 - Nove potrebe dolaze u nesklad sa planiranim namjenama površina definisanim prethodnim planskim dokumentima. Enormno visok procenat porodične stambene izgradnje, posebno u centralnoj gradskoj zoni postaje ograničavajući faktor i apsolutan pokazatelj neracionalnosti u korišćenju najvrednijeg gradskog građevinskog zemljišta, posebno iskomplikovan naslijeđenim imovinskim stanjem, veoma nepravilnom i usitnjenom parcelacijom zemljišta i sl.

- Ulična mreža po kapacitetu ne odgovara zahtjevima motornog, biciklističkog i pješačkog saobraćaja, nerazvijen je javni gradski prevoz, a posebno veliki problem je parkiranje za koje nisu obezbjeđene adekvatne površine.
- Postojeća infrastruktura u velikoj mjeri je dotrajala i po svojim kapacitetima u neskladu je sa povećanom izgradnjom. Potpuno odsustvo fekalne kanalizacije ugrožava osnovne elemente i faktore životne sredine, a povećana izgradnja stambenih i poslovnih objekata, usložnjava problem u tom smislu.
- Neodgovarajući tretman kulturnih, istorijskih i duhovnih vrijednosti čime Bijeljina značajno gubi od svog urbanog identiteta.
- Nedostatak javnih zelenih površina i otvorenih prostora koji će omogućiti odušak u zgusnutom naseljskom građevinskom tkivu.

Mogućnosti i ciljevi :

Evidentno suočena sa brojnim promjenama koje su uslovile transformaciju Bijeljine iz oblika manjeg naselja – centra opštine tipičnog poljoprivrednog/ruralnog okruženja u veliko naselje – centar regije, a koje su se desile u relativno kratkom vremenskom periodu, Bijeljina, uz uslov da pravilno iskoristi sve svoje prirodne i stvorene potencijale ima realne mogućnosti uspješnog prostornog i socio-ekonomskog razvoja.

Bijeljina je postala značajan demografski, društveni i privredni centar, sa brojnim regionalnim funkcijama. Atraktivnost ovog centra odrazila se na zahvatanje i proširenje građevinskog zemljišta, ali i na ispoljavanje različitih, često i konfliktnih interesa. Da bi zemljišna politika bila u funkciji realizacije prioritarnih prostornih ciljeva, a dok se ne izgradi tržišni ambijent, neophodno je da lokalna zajednica, na osnovu postojećih zakonskih mogućnosti, donese određene propise i razvija novi urbani način upravljanja zemljištem - unapređenje organizacione strukture i bolja saradnja sa svim akterima (investitorima, planerskim, komunalnim i drugim institucijama i stručnjacima).

Imajući u vidu osnovnu strategiju prostornog razvoja Republike Srpske i dinamiku ekonomskog i socijalnog razvoja grada Bijeljine, Urbanističkim planom je definisan osnovni cilj prostornog razvoja grada na sledeći način: **"Dostizanje višeg nivoa kvaliteta urbane strukture, urbanog reda i urbane kulture grada Bijeljine radi uspješnijeg ekonomskog i socijalnog razvoja, odnosno kvaliteta življenja građana koji u njemu žive i rade"**.

Ovaj osnovni cilj će se dostizati postepeno, preko ključnih kriterijuma, odnosno operativnih ciljeva koji odražavaju specifičnost grada, a značajnu fazu predstavlja period od 2004 – 2009. godine kada će biti ostvareni prioriteti definisani Urbanističkim planom, sa današnjom organizacijom i kapacitetima opštine Bijeljina, odnosno njenim materijalnim i institucionalnim mogućnostima.

Konkretni pravci i ciljevi budućeg prostornog razvoja urbanog područja Bijeljine definisani su kao :

- utvrđivanje proširenja granica urbanog područja;
- utvrđivanje novih zona unutar prostornog obuhvata;

- povećanje višeporodičnog i mješovitog tipa stanovanja na cijelom prostornom obuhvatu, sa ukupnjavanjem individualnih parcela i obaveznim uvođenjem pratećih sadržaja uz stanovanje;
- definisanje i zaštita površina posebne namjene, parkovskih površina, zaštitnih tampona i koridora, posebno izrada programa zaštite životne sredine;
- definisanje potreba u objektima i sadržajima društvene infrastrukture i objektima javnih funkcija u skladu sa sadašnjim i budućim brojem stanovnika na urbanom području;
- revizija i prijedlog sanacije i rekonstrukcije mreže gradskih saobraćajnica;
- primjena i ugrađivanje novih programa vezanih za razvoj infrastrukturnih sistema;
- primjena i ugrađivanje elemenata zaštite životne sredine u skladu sa odredbama važećeg Zakona o uređenju prostora;
- primjena i ugrađivanje koncepcije mjera zaštite izvorišta, vodnih objekata i voda namijenjenih ljudskoj upotrebi – sve u skladu sa Pravilnikom Sl.gl. RS br.7/03;
- primjena i ugrađivanje Zakona o upravljanju otpadom Sl.gl. RS 53/02.

3. PRIORITETI, MJERE I INSTRUMENTI ZA IMPLEMENTACIJU

Urbanističkim planom grada Bijeljine definišu se konkretni elementi razvoja prostora prikazani kroz prioritetne aktivnosti za koje je utvrđeno da se mogu realizovati do 2009. godine, u smislu:

- realizacije obilaznog puta oko Bijeljine kojim će se u izvjesnoj mjeri izmijeniti situacija na postojećoj mreži gradskih saobraćajnica;
- realizacija sistema fekalne kanalizacije čijom izgradnjom se jedino može riješiti pitanje zaštite izvorišta i postići odgovarajući urbani standard;
- angažovanje kapaciteta na modernizaciji i proširenju gradske infrastrukture;
- konkretne inicijative za razvoj male i srednje privrede na gradskom području;
- neophodnost razvoja mreže javnih službi (zdravstvo, školstvo, kultura);
- konkretne inicijative na utemeljenju duhovnog i kulturnog centra.

Buduća zemljišna politika Bijeljine treba da bude fleksibilna, pri čemu polazni kriterijum mora biti postizanje ravnoteže između ekonomske fleksibilnosti i socijalne i ekološke racionalnosti. Prioritetne planske aktivnosti u politici razvoja građevinskog zemljišta Bijeljine treba da su usmjerene ka:

- restrukturiranju razvoja zemljišta u već urbanizovanim područjima;
- intenzivnijem i višenamjenskom korišćenju zemljišta u područjima gdje postoje inicijativne razvojne aktivnosti, kako bi se omogućilo formiranje neophodnih podcentara.

Ostaje, međutim problem kako sprovesti ove ideje. Dosadašnja iskustva jasno pokazuju da taj proces ne smije biti zamišljen i vezan za neku idealnu sliku u unaprijed određenom periodu razvoja. Realnije je proces planiranja i sprovođenja koncipirati kao svojevrsan "odgovor" na određenu situaciju. S tim u vezi, potrebno je da u Bijeljini:

- aktivno djeluje **posebna institucija** koja će se baviti kompleksom pitanja gazdovanja građevinskim zemljištem (pripremanje i opremanje građevinskog zemljišta, izrada programa uređivanja - srednjeročnih i godišnjih);
- **da instrumenti zemljišne politike** u većoj mjeri uvažavaju ekonomske kriterijume. Vezivanje jedinične vrijednosti naknade za korišćenje građevinskog zemljišta ili pak naknade za uređenje građevinskog zemljišta za kretanje cijene stambene izgradnje ne odražava karakter ovih instrumenata. Zato je neophodno da se donose programi uređenja građevinskog zemljišta, na osnovu kojih se sagledava i usaglašava ne samo prostorni razvoj već i finansiranje razvoja (potreban obim sredstava i izvori finansiranja). Programi bi bili značajna osnova i za sagledavanja mogućeg obima pojedinačnih izvora sredstava (naknade za korišćenje, naknade za dodeljivanje i uređivanje, i drugih) odnosno shodno tome i za dimenzionisanje jediničnih vrijednosti;
- da se prilagodi i unaprijedi **poreska politika**, mijenjajući značaj postojećih poreza vezanih za zemljište i imovinu. Pored klasičnih poreza potrebno je uvoditi i druge, kao što je porez na povećanu vrijednost zemljišta, na neizgrađeno zemljište, na promjenu namjene zemljišta i dr. Sredstva na osnovu uvećane vrijednosti zemljišta treba da budu namijenjena izgradnji javnih prostora i javne infrastrukture;
- da se stvore **uslovi za realizaciju** konkretnih razvojnih ciljeva. Na primjer, kada su u pitanju prioritetne oblasti ili pak projekti, omogućiti osnivanje posebnih agencija i razvoj partnerstva javnog i privatnog sektora, sve u cilju olakšanja realizacije razvojnih ciljeva. Najčešći modaliteti za uključivanje privatnog sektora u finansiranje i upravljanje su: koncesije, privatizacija, ugovori o izvršavanju pojedinih poslova (u sferi komunalija), zajednička ulaganja vezana za konkretne projekte (na primer, urbane obnove, izgradnju infrastrukture, proizvodnje i unapređenja lokacija i drugih nekretnina);
- da lokalne vlasti vrše **promociju prostora**. Pod promotivnim aktivnostima se podrazumijeva ne samo upoznavanje sa ponudom određenih lokacija (za proizvodnju, stanovanje, poslovanje i dr.) već, prije svega, upoznavanje potencijalnih investitora sa poreskom i zemljišnom politikom, i finansijskim obavezama, i stimulacijama; i
- da se preduzimaju **pilot-projekti**, koristeći na taj način mogućnost da Opština uključi različite aktere - od lokalnih vlasti, finansijskih institucija, različitih stručnjaka, nevladinih organizacija do građana, i provjeri određene dileme, prije donošenja konačnih odluka ili rješenja.

4. ZAKLJUČAK

Na primjeru grada Bijeljine, kao centra opštine u prvom redu, ali i kao regionalnog centra čiji značaj u narednom periodu treba i mora da bude postavljen na pravo mjesto u strategiji razvoja Republike Srpske, iskristalisali su se svi problemi, ograničenja, mogućnosti i ciljevi planiranja u sasvim novim uslovima vremena u kojem živimo i radimo, sa naslijeđem koje imamo i potrebama koje se svakodnevno mijenjaju i umnožavaju.

Na ovom, ali i sličnim primjerima gradova i naselja u Republici Srpskoj, može se zaključiti da planiranje u našim uslovima još uvijek nema dovoljan uticaj na proces upravljanja urbanim razvojem. Urbanistički plan, na žalost, u lokalnoj zajednici najčešće nije prepoznat i shvaćen kao razvojni dokument, podsticaj za usmjeravanje investicija i

buduće izgradnje, sa posebnom ulogom unapređenja kvaliteta življenja i afirmacije naselja. To je u značajnoj mjeri posljedica situacije da su u periodu tranzicije ka tržišnom privređivanju i promjenama socioekonomskog sistema, osnovna načela strategijskog razvoja lokalnih sredina znatno izmijenjena u odnosu na dosadašnju praksu (mijenja se okruženje, tradicionalno planiranje, uloga planiranja, metodološki pristup planiranju, dosadašnja uloga prostora, način upravljanja i odlučivanja, organizaciona struktura, akteri u procesu planiranja i realizacije planskih/investicionih odluka i sl.). Jedno od osnovnih pitanja koje se nameće jeste upravo odnos prema promjenama i uslovima okruženja, odnosno uvažavanje dinamizma spoljnih realnih enormno rastućih promjena.

5. LITERATURA

- [1] DOO "Zavod za urbanizam i projektovanje" Bijeljina : "Urbanistički plan grada Bijeljine – izmjene i dopune plana", Sl.gl. opštine Bijeljina br. 10/04, 2004.
- [2] Asocijacija prostornih planera Srbije, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu – Institut za prostorno planiranje – "Zbornik radova - Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja – stručna pitanja" Beograd, maj 2004.
- [3] Ljetna škola urbanizma Banja Vrućica – Šipovo 29.-31. avgust 2002., "Zbornik radova", Banja Luka, avgust 2002.
- [4] Društvo urbanista Beograda, "Metodološki pristupi GUP-u – U susret GUP-u 2020", Beograd 1996.

URBAN DEVELOPEMENT PLAN OF BIJELJINA: ADVANTAGES, WEAKNESSES, DEVELOPEMENT POSIBILITIESS

***Summary:** Urban development plan of the Bijeljina city was created during the period of turbulent, controlled and uncontrolled, planned and unplanned, processes and relations due to which Bijeljina as a city and municipality center lived through strong expansion, which itself, in a certain way and in certain measure, disturbed relations of spaces within urban area of the city. This paper presents, advantages, weaknesses and possibilities of urban development on a concrete example of the urban area of Bijeljina in realistic circumstances of the time when the plan was developed, but in essence it represents just a segment of complex processes of urban development strategy of the Republic of Serbska during transition times.*

Upon condition evaluation of organization, developement and usage of Bijeljina urban space (introduction), advatages, weaknesses and developement possibilities are identified and analysed, finally priorities are emphasized and measures and instruments for implementation of planned solutions are proposed.

***Key words:** Urban planning, transition, advatages-weaknesses-possibilities of urban space, priorities*

STAMBENE GRAĐANSKE PRIZEMNICE I NJIHOVA BUDUĆNOST U URBANOM JEZGRU

Nebojša Čamprag¹

UDK:728.3(497.113)

Rezime: Cilj predmetnog rada je da se ukaže na vrednosti arhitektonske baštine koja sve brže nestaje, upravo iz fonda prizemne stambene arhitekture XIX i početka XX veka. Na primeru građanskih prizemnica u vojvođanskoj urbanoj sredini, postupno kroz nastanak i razvoj, sagledano je njihovo mesto u savremenom urbanom tkivu i sociološkoj sferi, kao i odnos savremenih graditelja prema objektima ovog fonda. Namera je da se ukaže na ozbiljnost opasnosti gubitka urbanog identiteta, sa kojom se danas sreću veći vojvođanski gradovi, poput Novog Sada i Subotice.

Ključne reči: trodelna panonska kuća, građanska prizema kuća, urbano tkivo, graditeljsko nasleđe, savremeno graditeljstvo

1. UVOD

U okvirima graditeljskih aktivnosti u savremenim urbanim sredinama, pored potrebe za ispravnim arhitektonskim uobličavanjem novih objekata, svest graditelja je postepeno evoluirala i do potrebe za valjanim uklapanjem novog u postojeće urbano okruženje. Međutim, porastom broja gradskog stanovništva i indeksa izgrađenosti urbane teritorije, sve aktuelniji je problem adekvatnog direktnog odnosa prema nasleđenim građanim strukturama, naročito usled novonastalih, drugačijih potreba današnjeg čoveka i suprotnih interesa zaštite izgrađenog i ekonomske isplativosti. Neosporno je da savremeno graditeljstvo počiva upravo na temeljima ostavštine prethodnih generacija – stoga je izuzetno važno pomiriti oprečnosti i istovremeno ukazati na potrebu za očuvanjem značajnih graditeljskih ostvarenja minulih perioda, kako bi urbana sredina sačuvala graditeljsku slojevitost i na taj način donekle zadržala autentičnu arhitektonsku prepoznatljivost.

Većina vojvođanskih gradova je imala tu sreću tokom svog razvoja, da se danas mogu uvrstiti među sredine sa relativno mnogobrojnom, autentičnom i vrednom graditeljskom baštinom. Intenzivna graditeljska aktivnost sa prekretnice XIX u XX vek, ostavila je niz značajnih i reprezentativnih objekata, sa svim odlikama tadašnjeg graditeljstva, uključujući i vladajuće stilove u arhitekturi. Danas su međutim aktuelne česte poteškoće sa održavanjem, revitalizacijom i osmišljavanjem novih sadržaja javnih objekata, stoga nije iznenađujuće da se nepravedno ignoriše potreba za zaštitom objekata iz drugih, manje uočljivih fondova, naročito iz stambenog fonda prizemnog karaktera. Ovaj vid objekata ima niz specifičnosti; između ostalog, očevidna je njihova brojna superiornost u

¹ Nebojša Čamprag, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e -mail: campragn@eunet.yu

odnosu na druge vrste građevina u gradu. Usled relativno skromnih dimenzija i brojne nadmoćnosti nad ostalim objektima u gradovima, znatno je skromnija njihova reprezentativnost, kao i primena novih dostignuća u graditeljstvu u odnosu na javne objekte ili pak spratne stambene ili najamne zgrade² iz istog perioda. Sa druge strane, brojna dominacija prizemnih stambenih objekata u urbanom tkivu podrazumeva i njihov ogroman udeo u tipologiji i morfologiji urbanih struktura, što ovu kategoriju objekata čini izuzetno osetljivom na svaku novu, savremenu graditeljsku intervenciju.

Vremešnost građanskih prizemnih kuća, kao i njihova arhitektonska oprečnost sa savremenim stavovima i potrebama, ide u prilog neophodnosti aktuelizovanja potrebe za očuvanjem ovih objekata, što bi podrazumevalo njihovu revitalizaciju ili čak adekvatnu rekonstrukciju pojedinih značajnijih predstavnika i iznalaženje novih, odgovarajućih namena.

2. NASTANAK I RAZVOJ PRIZEMNIH GRAĐANSKIH KUĆA TOKOM XIX I POČETKOM XX VEKA

Arhitektura uopšte, a naročito arhitektura kuće za stanovanje, funkcija je svih komponenata i prilika u sredini u kojoj se razvija, a jedna od značajnijih svakako je komponenta uticaja kulturnih sfera. U okviru regiona Panonske nizije, uticaji su dolazili sa različitih strana, međutim nesumnjivo je najznačajniji uticaj evropskog zapada, naročito aktivan za vreme Habzburške monarhije, a potom i Austro-Ugarske carevine.

Prvobitne stambene kuće u Vojvodini su, kao i svaka druga spontano razvijana arhitektura, nastajale pod komponentama tri osnovna uticaja, i to usled načina života i potreba stanovnika, raspoloživog građevinskog materijala, kao i usled uticaja klimatskih prilika kraja. Dominantan tip panonske zgrade za stanovanje u pogledu prostorne organizacije i u odnosu na primenjivan građevinski materijal tokom XVIII, ali i XIX veka, svodi se na izjednačavanje sa obeležjima trodelne seoske kuće³. Sve do kraja prve četvrtine XX veka, karakterističan arhitektonski izraz vojvođanskog gradograditeljstva čine seoske stambene zgrade i zgrade građanskog tipa. Nametano normativno uređivanje, naseljavanje i izgradnja, proizvelo je stvaranje univerzalne jednakosti, kao glavno obeležje transformacije prvobitne stambene zgrade. Na taj način je definisan zajednički tip zgrade za stanovanje u vojvođanskom gradu, koji se održao sve do polovine XIX veka. [3]

Naglo širenje gradske teritorije i jačanje gradskog centra vojvođanskih gradova sve do druge polovine XIX veka, potisnuli su tip panonske kuće na periferiju, gde se ona uglavnom zadržala do današnjih dana. Upravo jačanje gradskog centra i stvaranje srednjeg sloja ranog buržoaskog društva koje je postepeno prelazilo iz sela u gradove, izazvali su pojavu drugog tipa stambene zgrade. Ovim kretanjima je u gradsku sredinu – naročito u njegov centar – preneti i seoska zgrada, međutim nedovoljno uspešno, kako je to Lj. Pušić konstatovao u svom delu [3]. Drugačije potrebe i uslovi života, dovele su do formiranja posebnog tipa kuće u gradovima u poređenju sa seoskim kućama. Građanske kuće su često imale veći broj prostorija sa različitim namenom, a zbog svedenosti prostora i potrebe za infrastrukturom, građene su prislonjene jedna uz drugu –

² Najamne kuće u Subotici u okviru svoje magistarske teze obradila je mr Aladžić V. [1]

³ Pojavne oblike panonske kuće u severnoj Bačkoj klasifikovao je mr Rudinski A. [2]

što sve utiče na njen osnovni oblik i raspored prostorija u njoj. Očita je razlika i u građevinskom materijalu; stanovnici sela su koristili prirodan, lako dostupan materijal, dok je život u gradovima omogućavao bolje ekonomsko stanje, a time i kupovinu građevinskog materijala. Razvijeniji saobraćaj u gradovima je olakšavao gradnju i dopremanje građevinskog materijala. [4]

Dok je kod seoske kuće veća zavisnost od osnovnih prilika koje su je uslovljavale u vezi sa dotičnom sredinom u kojoj egzistira, za građanske, *varoške*⁴ kuće, momenat ekonomičnosti nije jedini merodavan, već dolazi do pojave luksuza, pa i ugledanja na strane, daleke oblike i stilove. [5] Tako je sve do prve polovine XIX veka stambena arhitektura delo lokalnih majstora, dok kasnije ona postaje predmet bavljenja novih generacija arhitekata, školovanih u zemljama evropskog zapada - najčešće u Beču i Budimpešti. Stilska obeležja karakterisala su se poznatim formama, već prisutnim u Beču i Budimpešti, u početku i bez posebnih nacionalnih obeležja.⁵

U oblikovnom pogledu, prizemne građanske kuće su često izvodne kao visokoprizemne zgrade sa podrumom ispod celog ili dela objekta. Iza kuće se nalazilo malo dvorište, do koga se dolazilo kroz prizemlje, kolskim prolazom. Kontinentalna klima naložila je masivne zidove, sa više površina i manje otvora [5], dvostruke prozore, kao i strmije krovove pokrivena crepom, sa limenim olucima.

Građanske kuće u Vojvodini [6] su usled uticaja građevinskih zakona zapadnjačke uprave bile postavljene na uličnoj liniji. Uglavnom su dužom stranom bile orijentisane ka ulici, čime je trebalo da se izvrši zatvaranje uličnih frontova i formiranje gradskih uličnih prostora. Samim tim su kuće duž ulica zabatima bile prislonjene jedna uz drugu, odnosno svojim dužim stranama spojene u nizove. Fasade su malterisane i često su bile reprezentativnog karaktera, sa odlikama vladajućih stilova u arhitekturi. Ulice su imale središne kolovoze i bočne trotoare uz kuće.

Iako je stambena građanska arhitektura sazdana na temeljima pripadništva pojedinca višim socijalnim slojevima, građanska kuća Vojvođanskih varoši je još dugo u svojoj prostornoj organizaciji nosila obeležja tradicionalne trodelne seoske kuće, od koje je direktno nastala. Tako je krajem XVIII i tokom čitavog XIX veka iza kitnjaste fasade kuća u gradovima bilo moguće pronaći remescentne prostorne organizacije seoske kuće u vidu kuhinje sa pododžakom i dve sobe sa obe njene strane. Oko ove nasledene matrice, nizale su se ostale prostorije građanske kuće, koje su za cilj imale da zadovolje novonastale potrebe gradskog stanovništva. Čest je bio i najjednostavniji slučaj izgradnje kuće građanskog tipa, jednostavnom dogradnjom kuće seoskog tipa dodavanjem jedne sobe ka ulici na trodelnu osnovu, čime se ujedno i zatvarao ulični front. Takođe je još mnogo vremena trebalo da prođe do pojave prvog nužnika u okviru prostorne organizacije kuće u gradu – do tada je nužnik bio odvojena zgrada na parceli, slično kući na selu.

⁴ Termin *varoš* je upotrebljavan još od XV veka, kako bi jasno istakao razliku prema gradu, kojim se terminom nekada označavala samo tvrđavica feudalaca, kada još većih urbanih naselja nije ni bilo. (A. Deroko)

⁵ Nacionalna obeležja u arhitektonskom stilu dolaze tek sa pojavom secesije u Vojvodini, na prekretnici XIX u XX vek.

3. SUKOB SAVREMENIH GRADITELJSKIH NAČELA SA ARHITEKTUROM GRAĐANSKE PRIZEMNICE

Nakon decenija arogancije novih arhitektonskih pravaca, kasne osamdesete su donele otrežnjenje u celoj Evropi pa i na ovim prostorima. Primeri osnivanja zavoda za zaštitu spomenika kulture, kao i zatvaranje centara gradova za motorizovan saobraćaj i formiranje prijatnih pešačkih zona, samo su neki od rezultata aktivnosti ondašnjih zaštitara. Period novije istorije vratio je loše dane za većinu delatnosti, pa i za graditeljstvo, u kojem kao da je nastupio period izvesne konfuzije i diskursa. Čini se da sukob starog i novog u arhitekturi nikada nije bio izražajni i očevidniji, kao u aktuelnom periodu savremenog graditeljstva (Slika 1). Harmoničnim i skladnim prizemnim zgradama preprečila se neophodnost za zadovoljavanje čitavog niza novih i starih - evoluiranih aktivnosti savremenog čoveka, kao i potreba za većom naseljenošću gradske teritorije usled povećanja broja stanovnika u gradovima. Ovakve novonastale, savremene potrebe stanovnika urbanih sredina često nisu mogle da zažive u okvirima arhitekture prethodnih generacija, što je ujedno odredilo dalje pravce evolucije urbanog tkiva i time direktno naložilo uklanjanje građanskih prizemnica i izgradnju efikasnijih i ekonomičnijih stambenih višespratnica na njihovom mestu.



Slika 1. Sukob prizemne i spratne izgradnje, individualnog i kolektivnog stanovanja i tradicionalnog i modernog, na primerima urbanog tkiva Subotice i Novog Sada

Poslednjih nekoliko godina, u gradovima Vojvodine, pa i u Subotici, nanovo je zaživela izgradnja unutar samog zaštićenog urbanog jezgra. Fizička datost skućenog prostora u centru rezultovala je potrebom za rušenjem starih objekata, međutim bez prethodne efikasne i adekvatne valorizacije, sa jedininim ciljem formiranja slobodnog prostora za nove, često neprikladne i neadekvatne spratnice, čija je arhitektonska kompatibilnost sa postojećim urbanim tkivom neosporno diskutabilna. Najosetljivija kategorija objekata pri rušilačkim poduhvatima su prizemne građanske kuće, što ilustruje primer nedavno uklonjenog čitavog bloka sa ovim tipom građevina u samom gradskom središtu Subotice, kako bi se ustupilo mesto predimenzioniranoj savremenoj spratnici. U ovom slučaju, stradao je građevinski blok ruševnih prizemnih građanskih kuća, koji je jednostavno zamenjen višespratnicom kombinovanih funkcija. Stoga se duhovita konstatacija da je siromaštvo najbolji konzervator može prihvatiti kao tačna, jer tada ni nema većih poduhvata koji bi mogli narušiti nasleđene strukture. Uostalom, može se

zaključiti da je ipak bolji i ruševan nego srušen objekat sa vrednim arhitektonskim obeležjima.

Nešto drugačiji slučaj je obimniji urbanistički potez prosecanja Bulevara oslobođenja kroz novosadsko urbano tkivo. Na ovaj način je zaista utemeljen razvoj modernog i progresivnog Novog Sada, ali su istovremeno žrtvovani čitavi stambeni blokovi - i u ovom slučaju prizemnih građevina. Trend širenja na račun prizemnih građanskih kuća nastavljen je do današnjih dana, kada su ovakvi objekti i njihove grupacije već gotovo u potpunosti uklonjeni iz urbanog tkiva šireg centra Novog Sada. Iz sukoba višespratnih i prizemnih građevina, odnosno kolektivnog i individualnog stanovanja, kao isplativije i ekonomski prihvatljivije su se pokazale višespratne zgrade za kolektivno stanovanje, ali se sa druge strane njihovom intenzivnom izgradnjom neosporno menja urbano tkivo grada, čime se narušava harmonija urbanog tkiva, a samim time i ambijentalne vrednosti gradskih struktura.

4. ZAKLJUČAK

Prizemne građanske kuće kakve danas imamo u gradovima Vojvodine, potiču uglavnom iz XIX i sa početka XX veka, i u potpunosti su autentične, sa graditeljskim osobenostima ovih krajeva. Njihova arhitektura je u apsolutnom sazvučju sa arhitekturom tradicionalne panonske kuće, od koje je najverovatnije i potekla, i preko koje je indirektno povezana i sa narodnim neimarstvom i tradicijom. Proces transformacije tradicionalne panonske prizemlješe u reprezentativnu građansku prizemnu kuću tekao je postepeno, ali sve vreme u dosluhu sa ljudskim potrebama, mogućnostima, zanatlijskim veštinama, graditeljskim stilovima. Primenjeni prirodni materijal i dimenzije idu u prilog čovekomernosti ovakve arhitekture. Prostorna organizacija i reprezentativna, ornamentikom bogata fasada, nemo povezuje sadašnjost sa nekadašnjim načinom života naših predaka, ondašnjom arhitektonskom teorijom, praksom i tehnologijom izgradnje. Kao takav, ovaj tip objekata predstavlja neprocenjivu i nezamenjivu kariku u lancu razvojnog puta graditeljstva ovih krajeva. Njihovim uklanjanjem iz zaštićenog gradskog jezgra na surov i necivilizacijski način otimamo segment po segment iz vekovima pažljivo sleganog mozaika graditeljske baštine; istovremeno bespovratno uništavamo vrednosti višeg oblikovnog stepena – urbanog tkiva (*urban fabric*). Ako se studioznije ne pristupi rešavanju problema, gradovi bi mogli da izgube na svojoj prepoznatljivosti, identitetu, valorizaciji prošlosti; a negirajući prošlost, ostajemo i bez sigurne budućnosti. Grad je nesumnjivo živi organizam, koji postoji i traje u prostoru i vremenu, i koji je kao takav podložan promenama i uticajima okruženja. Naravno da nije rešenje ni da se gradski centri stave pod stakleno zvono i da se zabrane dalje graditeljske intervencije. Time bi se narušile osnovne potrebe svakog organizma, pa i grada - da se razvija i menja. Neosporno je da treba nastaviti graditeljsku tradiciju i dati svoj doprinos urbanom razvoju, ali je pri tome neophodno uzeti u obzir specifičnosti sredine i duh tradicije, graditi grad smerno i sa jasno definisanim pravilima građenja – makar u zaštićenim gradskim jezgima.

LITERATURA

- [1] Aladžić, V.: Nastanak i razvoj najamnih kuća u Subotici tokom XIX i početkom XX veka, Magistarska teza, Beograd, 2000.
- [2] Rudinski, A.: Panonska kuća – pojavni oblici u severnoj Bačkoj, Zbornik Matice srpske za društvene nauke, Novi Sad, 1985 (pp. 165-198)
- [3] Pušić, Lj.: Urbanistički razvoj gradova u Vojvodini u XIX i prvoj polovini XX veka, Matica srpska, Novi Sad, 1987.
- [4] Deroko, A.: Narodno neimarstvo I – stara seoska kuća, SANU, Beograd, 1968.
- [5] Deroko, A.: Folklorna arhitektura u Jugoslaviji, Naučna knjiga, Beograd, 1964.
- [6] Deroko, A.: Narodno neimarstvo II – stara varoška kuća, SANU, Beograd, 1968.
- [7] Čupurdija, B.: Stambena arhitektura subotičkih salaša, majura i poljoprivrednih kombinata, Beograd, 1990.
- [8] Harkai, I.: Graditeljstvo Bačke Topole (1750-1941), Rubicon, Temerin, 1992.
- [9] Kojić, Đ. B.: Stara gradska i seoska arhitektura u Srbiji, Prosveta, Beograd, 1949.

RESIDUAL GROUND-FLOOR HOUSES OF URBAN TYPE AND THEIR FUTURE IN URBAN CENTRE

Summary: *The aim of this paper is to point out values of architectural heritage that is disappearing, concerning ground-floor residual houses from XIX to beginning of XX century. Analyzing ground-floor houses of urban type in cities of Vojvodina through their appearance and development, their place in contemporary urban tissue was determined, just like sociological matters and contemporary engineers treatment to objects of this fond. The real intention was to accent danger of losing urban identity, that already started to be the problem of major cities in Vojvodina, such as Novi Sad and Subotica.*

Key words: *Pannonian three-parts house, ground-floor house of urban type, urban fabric, built heritage, contemporary architecture.*

MOGUĆNOSTI TRANSFORMACIJE GRADSKIH TRGOVA U GRADOVIMA ZAPADNE R. SRPSKE

Malina Čvoro¹

UDK: 711.6

Rezime: *Oblikovanje javnih gradskih prostora jedan je od značajnijih problema u uređenju gradova. Težnja da se ostvari što kvalitetniji urbani javni prostor upućuje nas na preispitivanje suštine grada i kako u njegovom okviru treba da izgleda i funkcionise slobodni otvoreni prostor. U ovom radu autor se bavi najizrazitijim dijelom ovog prostora, gradskim trgov. Rad istražuje mogućnosti transformacije gradskih trgova u gradovima zapadnog dijela Republike Srpske, a u cilju ostvarivanja kvalitetnijeg urbanog javnog prostora u ovim krajevima. Uloga trga u funkcionisanju grada razmatra se putem analize osnovnih elemenata koji definišu prostor gradskog trga, a to je fizička izgrađenost, funkcija i kulturni identitet. Proces istraživanja polazi od opštih parametara i cjelina ka konkretnim fizičkim analizama, isto toliko koliko i u obrnutom smjeru. Vrijednosnom analizom konkretnih trgova na prostoru Republike Srpske, autor nastoji da izvede zaključke o osnovnim nedostacima gradskih trgova u našoj sredini, na osnovu čega će u konačnoj fazi rada biti definisane smjernice za dalje djelovanje u praksi, prilikom njihove transformacije.*

Ključne reči: *Gradski trg, transformacija, javni urbani prostor.*

1. UVOD

Grad izražava život, a javni gradski prostor element je koji određuje grad i eksplicitno izražava odnos čovjeka i građene sredine. Ovi odnosi se daju najjasnije sagledati na prostoru gradskog trga, koji predstavlja jezgro gradskog organizma. Kroz fenomen trga, od kada postoji u gradu, kao slobodni prostor bez kuća, organizovan zbog snabdjevanja ili susreta ljudi, možemo istraživati društveni položaj čovjeka. [1]

Važnost slobodnih trgova, foruma ili pijaca u centru grada bitno se mjenjala od starog vijeka do danas. Danas ove prostore stanovništvo koristi sve manje i manje za dnevne potrebe, a samo povremeno za javne svečanosti. Nekad se čini, da su gradski trgovi danas samo prostor koji omogućava više svjetlosti i vazduha, prostor koji prekida monotoniju mnoštva kuća ili samo predprostor nekog većeg objekta, ali nije uvijek bilo tako.

Kroz istoriju ljudske civilizacije, prihvaćeno je shvatanje grada kao mjesta na kojem su se vršila okupljanja ljudi sa različitim motivima. U gradovima antičke Grčke, razvoj

¹ Malina Čvoro, dipl. inž. arh., INVING CORP, Kralja Aleksandra 33, 79 000 Prijedor, R. Srpska, tel: + 387 51 755-303, e-mail: chvoro@pttrs.net

zanatstva i trgovine dovodi do potrebe za uvođenjem posebnog prostora za razmjenu dobara, tako nastaju trгови kao centri privrednog života grada. Razvojem društvenog i kulturnog života grada, diferenciraju se trгови po funkciji, čime se prostor za trgovanje životnim namirnicama izdvaja od svečanog prostora agore koja služi isključivo društvenom i kulturnom životu grada. Grčka agora je imala funkcije narodne skupštine i javnih sudova, tu se raspravljalo o opštim državnim poslovima, na njoj su održavane narodne svečanosti, bila je centar društvenog i kulturnog života antičkog grada. Kasnije, pojam trga u srednjem vijeku izjednačuje se sa pojmom gradskog naselja. Prema Dušanovom zakonu trгови su bili mjesta u kojima se obavljaju zanati i trgovina. Trg je bio osnovni motiv osnivanja niza novih gradova u Evropi, sa površinom trga koja je na primjer, u manjim gradovima Slovačke zauzimala do 1/5 ukupne površine grada. Srednjevjekovni trg je najčešće trg pred crkvom, a kao novi sadržaj trga pojavljuje se gradska kuća koja izražava ekonomsku snagu i političku samostalnost slobodnog grada, njegovu lokalnu samoupravu. [2]

Proučavanjem arhitektonskog naslijeđa na našem tlu, iz perioda prije turskog osvajanja i za vrijeme te okupacije ne možemo dobiti siguran odgovor na pitanje gdje su bili i kako su izgledali trгови naše prošlosti. Ostaci gradova koji nisu pretrpjeli veće promjene za vrijeme turske vlasti i kasnije, nakon oslobođanja uglavnom nisu dovoljno istraženi. Nakon odlaska Turaka i dolaskom Austro-ugarske, započinje proces transformacije naših gradova sa orijentalnog tipa urbanizma na evropski, iako su se mnoge gradske funkcije zadržale na tradicionalnim mjestima. To je i period kada nastaje prva kartografska građa, vezano za morfološke karakteristike naših gradova, čime je vremenski okvir ovog istraživanja sveden na period 19 i 20 vijeka.

U doba Kraljevine Jugoslavije, sa buđenjem nacionalnog duha, nastaju objekti kojima Srbi žele da pokažu svoju samostalnost i kulturni napredak. Javlja se i nacionalni stil srpske arhitekture, kako u sakralnom tako i u profanom graditeljstvu. Ipak, mnogi poznati i arhitektonski vrijedni objekti izbjegli su trg kao potencijalnu lokaciju. Brzi prelazak tek izgrađenog građanskog staleža na novi društveni sistem, komunizam, nakon Drugog svjetskog rata, usmjerava društvo na tekovine evropske kulture koje odgovaraju toj političkoj ideji, internacionalnom stilu kao pravcu u arhitekturi moderne. Trg kao gradski prostor sve više postaje metafora, u gradu u kojem je "kuća u slobodnom prostoru". "Trg se pojavljuje u nazivima određenih prostora na urbanističkim planovima, obično u spletu saobraćajnica i gotovo uvek, ispunjen parkovima." [3]

Ipak, prostor trga u savremenom gradu još uvijek je mjesto susreta ljudi, događanja, socijalnog izraza i komunikacije, granica javnog i privatnog, mjesto sa kojeg se pristupa objektima, dio prostorne strukture grada, mjesto uokvireno kućama. Složeni urbani prostor sa više funkcija i više sadržaja, ali tako da među njima postoji organska povezanost i strukturna ujednačenost iz kojih proizilazi njihov identitet i različitost u odnosu na druge prostore grada. Trg je segment gradskog otvorenog prostora koji omogućava sagledavanje trodimenzionalnih formi i samim tim uspostavlja zahtjeve za povećanim stepenom reprezentativnosti istih. U ovom radu ćemo govorimo o najznačajnijim karakteristikama trga, načinu na koji je prostor trga formiran, dizajnu i fizičkoj strukturi kao i o njegovoj funkciji.

2. MOGUĆNOSTI TRANSFORMACIJE GRADSKIH TRGOVA NA PODRUČJU ZAPADNOG DIJELA REPUBLIKE SRPSKE

Odsustvo kontinualnog planiranja u izgradnji javnih gradskih prostora, posebno trgova, pokazuje da u našoj sredini nema tradicije prilikom formiranja i uobličavanja prostora javnog karaktera. Posljedice ovakvog nepažljivog odnosa do javnih gradskih prostora su neadekvatni trgovi, kojima su u pravilu neophodne izvjesne intervencije. Transformacija postojećih trgova može se razumjeti isključivo u istorijskom kontinuitetu, jer gradski trg predstavlja morfogenu cjelinu, obzirom da je definisan vremenom u kome je nastao i razvijao se. Konkretna poligon na kojem je vršeno istraživanje fenomena gradskog trga u specifičnostima lokalne sredine su glavni gradski trgovi u gradovima zapadnog dijela Republike Srpske.

Stepen urbane razvijenosti na posmatranim gradskim trgovima nije na visokom nivou, ovi prostori se odlikuju nekvalitetnim fizičkim i materijalnim stanjem objekata i otvorenih, javnih površina. U odnosu na visinu objekata koji ih uokviruju, trgovi se mogu smatrati predimenzionisanima. U gradovima Republike Srpske ne postoji kontinuitet u realizaciji objekata koji bi trebali da formiraju fizički okvir gradskog trga, a vremenski period u kome su građeni važni javni objekti na ovim prostorima sužen je na period od kraja devetnaestog i do kraja dvadesetog vijeka. Velika većina gradova u Srpskoj od vremena nastanka trga do danas posjeduje samo jedan, glavni gradski trg, koji predstavlja središte grada.

Kao osnovne, zajedničke karakteristike za sve posmatrane prostore u okviru predložene teme, izdvaja se sledeće:

- Slobodni, otvoreni prostor grada osnovni je element fizičke strukture grada, a gradski trg njegov najizrazitiji dio.
- Gradski trg kao element fizičke i prostorne strukture gradova na prostoru zapadnog dijela Republike Srpske, izraz je specifičnosti sredine i okolnosti u kojima je nastao i razvijao se.
- Postojeći trgovi u gradovima zapadnog dijela Republike Srpske danas se neadekvatno koriste, a očita je i neusaglašenost fizičke forme i funkcija prostora trga.
- Transformacijom postojećih trgova u gradovima naše sredine moguće je ostvariti porast aktivnosti na prostoru gradskog trga, kao i vitalnosti grada kroz uspostavljanje odnosa između karakteristika prostora i njegove funkcije.

U visoko razvijenim sredinama danas, javni gradski prostori dobijaju sve značajniju ulogu u obnovi i rekonstrukciji gradova. Favorizovanjem gradske ekonomije, turizma, potrebe za jačanjem lokalnog identiteta, javlja se zahtjev za unikatnim i atraktivnim prostorima u centralnoj zoni grada, kao svojevrsnog orijentira, koji strukturiraju grad. Mnogo je pokušaja da se gradski trg protumači kroz vezu između trga i samog gradskog života, kao i njegovih korisnika. Trg predstavlja jedan od ciljeva kretanja čovjeka u gradu, na trgu se ljudi sastaju i otkrivaju svjetove drugih. Paul Zucker ga je okarakterisao kao psihološki parking unutar gradskog ambijenta. Čovjek stiže u grad tek onda, kada se nađe na glavnom trgu.

Ovaj rad istražuje mogućnosti transformacije gradskih trgova na prostoru zapadnog dijela Republike Srpske, kako bi se ostvario kvalitetniji urbani javni prostor, a što je moguće uz pažljivu analizu svih bitnih karakteristika koje određuju nastanak, razvoj i postojanje ovakvih prostora. Transformacija (lat. transformatio), predstavlja pretvaranje, preobličavanje, promjenu forme, oblika, promjenu stanja određene strukture. [4]

Transformacija fizičke strukture grada najpotpunije se može shvatiti u kontekstu njenog razvoja. "Transformacija gradskog trga predstavlja proces u kome se njegova forma menja, ali ne tako što će potpuno izbrisati prethodnu, nego tako što će iz prethodne proizaći." [5] Za pomenuti prostor, proces transformacije gradskog trga značajan je zbog specifičnosti stanja postojećih trgova ali i činjenice da se novi trgovi formiraju veoma rijetko, gotovo nikada.

3. CENTRALNI GRADSKI TRG U PRIJEDORU

Fizička i prostorna struktura grada izraz je stalno promjenljivih ekonomskih, socijalnih, političkih i duhovnih struktura zajednice, kao i posljedica prirodnih i geomorfoloških faktora, stepena razvijenosti tehnike i tehnologije. Elementi fizičke strukture grada jednom formirani i sami u dijalektičkoj korelaciji utiču na ekonomske i socijalne odnose i sam način života u gradu. Zato je, kao osnovni metod istraživanja primjenjen princip, da je fizičku i prostornu strukturu grada potrebno proučiti ne kao već gotovi izgrađeni oblik, nego se moraju analizirati, pre svega procesi i zakonitosti njenog nastanka. [6] Neadekvatnost trgova naše sredine, kojima su u pravilu neophodne izvjesne intervencije, razlog je koji doprinosi značaju transformacije gradskog trga. Transformacija, predstavlja proces u kome se forma trga mijenja, ali ne tako što će potpuno izbrisati prethodnu, nego tako što će iz prethodne proizaći.

Centralni gradski trg u Prijedoru inicijalno je formiran krajem devetnaestog vijeka na mjestu tada jedine raskrsnice u gradu, oko koje su podignuti prvi javni objekti. Tek u drugoj polovini dvadesetog vijeka grade se objekti koji formiraju prostor trga u njegovim sadašnjim okvirima, dajući mu definitivan oblik, sedamdesetih godina izgradnjom objekata, po položaju i veličini najznačajnijih, hotela Balkan i robne kuće Patrija. Za Trg Majora Zorana Karlice karakterističan je nepravilan oblik i predimenzionisanost u odnosu na visinu objekata koji ga okružuju. Prostorom dominira robna kuća, a intenzivni pješački tokovi iz pravca pješačke ulice ovdje prestaju, pa se može reći da od strane korisnika prostor trga nije prihvaćen na odgovarajući način.

Predložena transformacija trga podrazumjeva radikalne intervencije koje mjenjaju morfološke karakteristike prostora, uvodi elemente izražajnosti i zaštićenosti, koji su izostali u dosadašnjem formiranju prostora trga. Zbog povezivanja stambenog naselja Pećani sa gradom u prostor trga ugrađena je nova saobraćajnica, visinski izjednačena sa trgom, tako da prostor trga ostaje cjelovit. Postojeći kolski saobraćaj izmješten je izvan prostora trga. Sve ovo, omogućilo je nastanak nove fizičke strukture, oblikujući prostor trga u trapez čije se stranice sužavaju prema objektu robne kuće Patrija.



Slika 1. Trg Majora Zorana Karlice u Prijedoru

Kapiju na ulazu u pješačku zonu čine novi objekti na ukrštanju Ulice Kralja Petra I Oslobođioca sa novoprojektovanom saobraćajnicom, te objekat koji zatvara prostor trga ka zanatskoj ulici, jasno definišući gabarite transformisanog trga. Arhitektonski izraz novoprojektovanog bloka na uglu nastavak je postojećeg niza pješačke ulice, samo ovoga puta spontano pokrenutim volumenima: povlačenje u parteru u zaštićeni prostor kolonada i postepeno izdizanje vertikalnih elemenata do objekta na uglu kao dominantnog. U okviru ovog bloka, predloženo je poslovanje, ali i izgradnja Gradske biblioteke sa čitaonicom i kafe – galerijom, na atraktivnoj tački ukrštanja pješačkih i vizuelnih tokova. Veličina bloka omogućava gradnju više objekata u fazama, sa mogućnošću ekskluzivnog stanovanja na višim etažama. Novoprojektovani uski objekat koji zatvara kalkanski zid prema bašti hotela Balkan, turistički je izlog grada, zamišljen kao informativni punkt ukupne kulturne i turističke ponude grada.

Arhitektonski vrijedan spomenik kulture, "Štrodlöva" kuća sanirana i adaptirana za potrebe kulturnih sadržaja, zamišljena kao muzej starih zanata, upotpuniti će raznovrsnu ponudu na trgu. Povećanjem spratnosti hotela Balkan za jednu etažu, izjednačavaju se visinski gabariti objekata na trgu, a u aneksu hotela predviđena je izgradnja amfiteataru, kao dopuna uvedenih obrazovnih sadržaja unutar prostora hotela.

Svi planirani objekti posjeduju protektivne elemente u vidu kolonada i uvučenih prizemlja. Arhitektonski okvir trga je kvalitetniji, povećan je nivo urbane razvijenosti, smanjena je relativna veličina trga a potencijali trga iskorišteni su u cilju njegove bolje prihvatljivosti od strane korisnika prostora. Time bi se uklonili osnovni nedostaci koji su uočeni analizom gradskih trgova u našoj sredini.

LITERATURA

- [1] Kostof, Spiro: "The City Assembled – The Elements of Urban Form Through History", Thames & Hudson LTD, London, 1992
- [2] Maksimović, Branko: "Urbanizam, osnovi projektovanja gradova", Građevinska knjiga, Beograd, 1957
- [3] Selinkić, Slobodan: "Gde su trgovci?", URBANI SPEKTAKL, priredile: Milena Dragičević-Šešić i Irena Šentevska, CLIO YUSTAT, Beograd, 2000
- [4] Vujaklija, Milan: "Leksikon stranih reči i izraza", Prosveta, Beograd, 1996
- [5] Đokić, Vladan: "Urbana morfologija: grad i gradski trg", Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2004
- [6] Radović, Ranko: "Forma grada: osnove, teorija i praksa", Stylos, Novi Sad, 2003

POSSIBILITY OF TRANSFORMATION OF TOWN SQUARES IN WEST PART OF REPUBLIC OF SRPSKA

Summary: *Design of public city spaces is very important part of urbanism and architecture. The most expressive elements of public city spaces are the town squares we will consider the role of these spaces in the functioning of the city. This work will present a possibility of transformation of existing public city spaces in west part of Republic of Srpska. The work considers the role of town square in the functioning of the city, by analysing the basic elements used to define the town square features, such as physical construction, function and cultural identity. Using the actual example of existing town squares in west part of Republic of Srpska this work tends to point out to the importance of these public places in life of city.*

Key words: *The city, town square, transformation, public city spaces.*

STEPENICE KAO KARAKTERISTIČAN SAVREMENI ARHITEKTONSKI DETALJ

Saša B. Čvoro¹

UDK: 692.622

Rezime: *Uloga stepenica u arhitektonskoj organizaciji i materijalizaciji prostora, te u ukupnom poimanju arhitekture, je od nezamjenljivog značaja. Kao jedan od osnovnih graditeljskih elemenata, centralni komunikacioni čvor, vertikalna veza između ravni i jedini, po svojoj ulozi u arhitektonskoj organizaciji prostora, trodimenzionalni dio građevine stepenice su same za sebe već dio arhitekture. U svim vremenima stepenice su bile indikator stepena tehničkog razvoja i kulturne, sociološke i političke situacije jednog društva. Tako 20. stoljeće karakterišu mnogobrojni i veoma različiti oblici stepenica, u kojima se ogleda mnoštvo arhitektonskih stavova, pravaca i trendovskih pojava. Reprezentativni pojedinačni primjeri ukazuju na tendenciju uobličavanja stepenica, uostalom kao i same arhitekture kojoj pripadaju, u što jednostavnijim formama. Stepenice pritom, kao jedan od osnovnih graditeljskih elemenata i reпреzenata arhitektonskih stilova, veoma izražajno odslikavaju sveprisutne mogućnosti primjene novih materijala i njima pripadajućih konstruktivnih sklopova. Time stepenice krase savremeni arhitektonski objekat u istoj mjeri u kojoj su dekorativne aplikacije bile ukras antičke, renesansne ili gotske arhitekture.*

Ključne reči: *Stepenice, arhitektonski detalj, materijalizacija, oblikovanje.*

1. UVOD

Stepenice su nastale, još u vrijeme formiranja prvih ljudskih nastambi, sa veoma određenom namjenom: savladavanje visinske razlike i vertikalno povezivanje različitih nivoa. Vremenom je njihova uloga u ukupnom poimanju arhitekture dobila znatno veći značaj. Kao jedan od osnovnih graditeljskih elemenata, centralni komunikacioni čvor, vertikalna veza između ravni i jedini, po svojoj ulozi u arhitektonskoj organizaciji prostora, trodimenzionalni dio građevine stepenice su same za sebe već dio arhitekture.

Iako to, po svojim gabaritima, uglavnom nisu veliki prostori njihova uloga u arhitektonskoj organizaciji je primarna, odnosno od nezamjenljivog značaja, i to prvenstveno stoga što se stepenice uvijek pojavljuju na mjestima ukrštanja vertikalnih i horizontalnih tokova, pritom artikulišući nivoe, intezitete i prostorne obuhvate kretanja. Odlikom stepenica da pružaju i doživljaj kretanja koje teži u vis ili u dubinu, korisniku se pri penjanju i silaženju otvaraju pogledi na međusobne odnose prostornih elemenata kombinovani sa stalno promjenjivim perspektivama.

¹ Saša B. Čvoro, dipl. inž. arh., Arhitektonsko građevinski fakultet Univerziteta u Banja Luci, Stepe Stepanovića 77/3, 78 000 Banja Luka, R. Srpska, tel: + 387 51 755-303, e-mail: chvoro@pttrs.net

Istovremeno, jedva da postoji neki drugi arhitektonski element koji u sebi sjedinjuje formu i funkciju u jednu skladnu cjelinu. Ne rijetko su one i reprezent arhitektonskog stava cjelokupne građevine, "ogledalo koje kroz izgled i oblik zdanja, te izbor upotrebljenih materijala reflektuje i u unutrašnjost objekta definisani jezik arhitekture".[1] U istoriji ima odličnih primjera koji govore o dobro odabranom mjestu, dimenzijama i materijalu izrade stepenica, ali i o posebnoj pažnji koju je projektant posvetio ovom elementu u želji da doprinese ukupnom doživljaju objekta. Stepenište je bilo i jeste, kao nerijetko jedini javno pristupačan prostor, za arhitekta stalna mogućnost za prezentaciju arhitektonskih stavova i stilova cijele građevine.

2. STEPENICE KAO REPREZENT ISTORIJSKIH EPOHA

"Stepenice iz različitih vremenskih perioda navode nas na veoma različita razmišljanja. Vjerovatno se ne treba dizati velika galama oko toga kako čovjek dospjeva sa jednog sprata na drugi. Ali nije tako. Svaka kulturna i umjetnička epoha vodi ljude na svoj način sa jedne etaže na drugu. U simbolici društvenog stanja, koja uopšte leži u zadatku arhitekture, izgradnja stepenica ima veoma značajan udio."

Josef Bayer, "Baustudien und Baubilder", 1919. [2]

U svim vremenima stepenice su bile indikator stepena tehničkog razvoja i kulturne, sociološke i političke situacije jednog društva. U prvim vremenima ljudskog stvaranja one su bile pomoćno sredstvo za savladavanje visinskih razlika, pomoć u penjanju ili silaženju u vidu zarezanih stabala, svezanih ljestvica ili stepenica ozidanih od okolnog kamena ili opeke. Gradeći hramove u vidu "stepenastog božijeg brijega", zigurate, Mesopotamija je stepenicama dala naglašenu ulogu, što će kasnije Persija, preuzimajući elemente i karakteristike materijalizacije, razviti u prepoznatljivu arhitekturu stepenica.² Takođe, monumentalne spoljašnje stepenice iz perioda Antike stavljaju na pijedestal hramove ili vladarske palate, naglašavajući time društveni i politički položaj glavnih sila ovih kultura.

U srednjem vijeku stepenice uglavnom nisu dio osnove, već su i u sakralnim i u profanim građevinama, a naročito pri fortifikacionim utvrđenjima dodavane kao posebne kule uz objekat. U ovom periodu se razvijaju bogato dekorisane višekrake stepenice koje predstavljaju jednu od osnova za savremeno oblikovanje stepenišnog prostora. Tek sa renesansom stepenice postaju, kao samostalan i dominantan prostorni element, dio unutrašnjosti građevine. U kasnoj renesansi i baroku dostižu oblikovnu vrijednost koja daleko prevazilazi funkcionalne zahtjeve korisnika. Raskošno i u ukrasima natrpanoj veličanstvenosti demonstrirale su veličinu i moć vladodržaca i lokalnih oligarha. Istovremeno se ovaj period odlikuje i izuzetno originalnim ostvarenjima nastalim pod uticajem nove društvene misli koju donosi renesansa. Primjer izuzetne izražajnosti je

² U starim kulturama hramovi su često koncipirani u formi stepenastih kula: Zigurat u Mesopotamiji, Stupa na indo – budističkom području, hram u obliku terase Borodur na Javi, Teokali u drevnom Meksiku ili stepenaste piramide u peruanskom priobalju.

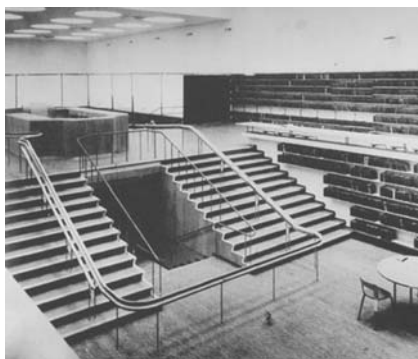
dvostruko zavojno stepenište izgrađeno u Chateau de Chambord 1539. godine po nacrtima koje je izradio Leonardo da Vinci.

Dugi vremenski period stepence nisu imale nikakvu drugačiju ulogu nego da popunjavaju prazninu u funkcionalnoj organizaciji tako da je njihova forma bila direktno određena namjenom i položajem u strukturi objekta. Razvoj novih funkcija sa primjenom novih materijala i tehnologija, nastalih pod uticajem industrijalizacije krajem 18. stoljeća, doveo je do evolucije novih, specifičnih tipova objekata što je u znatnoj mjeri uticalo i na oblik i način materijalizacije stepenica. Kamen i drvo, malter i opeka, kao tradicionalni građevinski materijali koji se direktno nalaze u prirodi ili do kojih se dolazi jednostavnom obradom prirodnih materijala, polako bivaju zamjenjeni gvoždem i staklom. [3]

Krajem 19. stoljeća, iako do tada često raskošno uređene i pretvorene u javnu scenu, stepenice postaju osnova sistema i sastavni dio cjeline koji se odnosi na arhitektonski objekat kao sveobuhvatno umjetničko djelo. Kontinuiranim evoluiranjem materijala mjenjaju se i forme stepenica. Čelik i armirani ili prednapregnuti beton postaju obrasci za materijalizaciju, proširujući time značajno repertoar mogućnosti uobličavanja. U svakom slučaju, forma stepenica više ne zavisi od raznolikosti istorijskih stilova, čiji se uticaj odlikava na upotrebljenim dekorativnim elementima, već postaje odraz tehničkih mogućnosti svog doba. Ovakav koncept je doveo do izuzetnih umjetničkih dijela u okviru svake arhitektonske epohe ponaosob.

3. SAVREMENI IZRAZI OBLIKOVANJA STEPENICA

U 20. stoljeću nastaju mnogobrojni i veoma različiti oblici stepenica, u kojima se ogleda mnoštvo arhitektonskih stavova, pravaca i trendovskih pojava. Stepence kao osnovni graditeljski element opisuju arhitektonske tendencije i pokazuju različite načine uobličavanja. Finski arhitekt Alvar Aalto obogaćuje prostor postavljajući stepenice na mjestima ukrštanja prostora i ravni. Ovakve stepenice su dominantan element unutrašnjeg prostora u njegovom projektu za Viipuri Public Library, Viipuri iz 1935. godine. [4]



Slika 1. Viipuri Public Library, Viipuri, Suomi; Alvar Aalto

U centru Pompidou, Paris, simbolu tehnološke arhitektonske estetike, izgrađenom 1977. godine po nacrtima arhitekata Renzo Piano i Richard Rogers-a, dominantno vijugaju duž fasade pokretne stepenice položene u zastakljene cijevi.[5] Dvoje koso postavljjenih stepenica vodi do ulaznog foajea na prvom spratu Hong Kong & Shanghai Bank, Hong Kong. Arhitekt Norman Foster usmjerava posjetioca u objekat preko pokretnih stepenica, uvodeći ga tako u arhitektonsko okruženje od čelika i stakla. Ovi primjeri High – Tech arhitekture stavljaju stepenice u centar zbivanja, odišući pritom vjerom u tehnički razvoj i primjenjene materijale. [6]



Slika 2. Hong Kong Shanghai Bank, Hong Kong, China; Norman Foster & Partners

Eduardo Souto de Moura je u svom projektu za Braga Municipal Stadium izgrađenom 2003. godine u Monte Castro, Braga, izbacio na fasadu stepenice neophodne zbog arhitektonske organizacije i namjene objekta. Ogoljene u svojoj betonskoj ljušturi stepenišne vertikale koje dominiraju objektom, protežući se uz noseću stadionsku konstrukciju, predočavaju intezitet kretanja korisnika čime postaju glavni motiv arhitektonskog oblikovanja. [7]



Slika 3. Braga Municipal Stadium, Monte Castro, Portugal; Eduardo Souto de Moura

Jacques Herzog i Pierre de Meuron u projektu za Muzej umjetnosti u Duisburg-u, te Steven Holl za Muzej savremene umjetnosti u Helsinki-ju, stepenicama daju potpuno likovno tretman. Igra svjetlosti se prelijeva na površini stepenica izlivenih od betona boje terakote, svedenih linija do krajnjih granica. U svom ekspresivnom obliku, materijalnoj i

formalnoj jednostavnosti, ovakve stepenice prije podsjećaju na zaseban umjetnički objekat nego na graditeljski dio u klasičnom smislu. [8]



Slika 4. Kunstmuseum, Duisburg, Deutschland; Jacques Herzog & Pierre de Meuron

Gore navedeni primjeri ukazuju na tendenciju uobličavanja stepenica, uostalom kao i same arhitekture kojoj pripadaju, u što jednostavnijim formama. Pritom se savremena arhitektonska ostvarenja u potrazi za čistim i jednostavnim oblicima veoma često, slučajno ili namjerno, oslobađaju mnogih arhitektonskih tehnika i uzora koje u sebi nose prizvuk istorijskog nasleđa. Stilsko oblikovanje stepenica, kao i arhitektonskih elemenata i objekata, nezaobilazna karakteristika svih arhitektonskih epoha, element je razlikovanja savremenih stilova od stilova prošlosti i njihovih arhitektonskih manira. Međutim, ono ne mora samo da podrazumjeva dekorativne aplikacije vezane za određene stilske odrednice, već nosi i ona obilježja oblikovanja koja jednom dijelu ili cjelini daju zanimljiv i prepoznatljiv izgled.

Kao vid savremene upotrebe dekorativnih aplikacija, izrastao je osoben vid arhitektonskog oblikovanja proizašao iz konstruktivnog sistema objekta i njegovih podcijelina, te primjene novih materijala i tehnologija u arhitekturi. Stepenice time postaju poseban arhitektonski detalj, koji je samoj konstrukciji neophodan ili korespondira sa njom, a koji ujedno predstavlja ovaploćenje strukture objekta. Tako stepenice krasi savremeni arhitektonski objekat u istoj mjeri u kojoj su dekorativne aplikacije bile ukras antičke, renesansne ili gotske arhitekture.

Reprezentativni pojedinačni primjeri građevina, svakako i samih stepenica, ostvareni prvenstveno kroz lična preguća autora djela, potvrđuju izuzetne mogućnosti primjene savremenih obrazaca materijalizacije i uobličavanja kako na cjelokupnim objektima tako

i na njihovim pojedinačnim dijelovima. Stepenice pritom, kao jedan od osnovnih graditeljskih elemenata i reprezentata arhitektonskih stilova, veoma izražajno odslikavaju sveprisutne mogućnosti primjene novih materijala i njima pripadajućih konstruktivnih sklopova. Mnoštvo raznovrsnih materijala, drvo, kamen, čelik, beton ili staklo, i konstruktivnih sklopova primjetno proširuju obuhvat načina materijalizacije i uobličavanja što dovodi do velike tipološke raznovrsnosti stepenica primjenjenih u savremenim arhitektonskim objektima.

LITERATURA

- [1] Wessely, Heide: "Die Treppe – ein Spiegel der Architektur", Detail – 2000. 2 Treppen, Munchen, 2000
- [2] Bayer, Josef: "Die Treppe", Detail – 2002. 4 Treppen, Munchen, 2002
- [3] Giedion, Sigfried: "Prostor, vreme i arhitektura", Građevinska knjiga, Beograd, 2002
- [4] Weston, Richard: "Alvar Aalto", Phaidon, London, 1996
- [5] Bidaine, Philippe: "Centre Pompidou", Editions Scala, Paris, 2000
- [6] Quantrill, Malcolm: "The Norman Foster Studio: Consistency through diversity", E & F2N SPON, London, 1999
- [7] Elcroquis n° 124, "Eduardo Souto de Moura, 1995/2005", Madrid, 2005
- [8] Elcroquis, " Herzog & de Meuron, 1987/1998", Madrid, 1998

THE STAIRCASES LIKE CHARACTERISTIC DETAIL IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE

Summary: *The role of staircases in architectural organization and materialize space, is very important. A staircases is a circulation node, a vertical link between different levels, a space defining structure and the only element of a building that is, by virtue of its function, essentially three dimensional. In general, staircases are a measure of the technical development and the cultural, social and political status of a society. Through the twentieth century we can find very different types of staircases, they represents many style and trends of architecture. Today, they are a symbol and exspression of architecture, with the materials and detailing reduced to a minimum. The staircases have a sculptural quality, they ar an expression of a technical design ideology. As such, a staircases is an imposing element of architectural buildings, in the same way as scuptural elements was decoration of the Antique, Renaissance or Gothic architecture.*

Key words: *The staircases, architectural detail, materialize, design.*

ANALIZA PRIRODNIH I STVORENIH USLOVA ŠIRE ZONE KOSANČIĆEVOG VENCA

Tijana Dragović¹

UDK: 711.523(497.11)

***Rezime:** Osnovni cilj ovog rada je analiza prirodnih i stvorenih uslova šireg područja Kosančićevog venca. Analiza ima za cilj da izdvoji probleme i potencijale područja, kako bi se dale preporuke, tj. predlog budućeg korišćenja. Posebna pažnja se obraća analizi zelenih površina gradskog centra, sa predlogom unapređenja i povezivanja u jedinstveni sistem.*

Ograničeno delovanje u prostoru, sa akcentom na rekonstrukciji postojećeg sadržaja, ima za cilj maksimalno očuvanje i poštovanje vrednih istorijskih i prirodnih gradskih celina.

UVOD

Kosančićev venac predstavljala najprepoznatljiviji element gradske siluete, a njegovo šire područje čini jezgro grada, od izuzetne istorijske i estetske vrednosti. Međutim, njegov potencijal nije adekvatno iskorišćen, a jedinstvene ambijentalne celine narušavaju mnogobrojni problemi. Na analiziranom području, i pored očigledne interakcije grada i prirode, prisutno je stanje grube podele.

Ovim radom se planira, da se to stanje, raznim intervencijama u prostoru, objedini i unapredi.

POLOŽAJ I GRANICE

Analizirano područje pripada užem gradskom centru, čije granice čine ulice: Knez Mihajlova, Tadeuša Koščuška, Pariska i Brankova, dok je sa dve strane oivičeno velikim prirodnim vrednostima - rekam Savom i kalemegdanskim parkom. Geografski položaj je, na ušću dveju reka, bio i ostao jedan od dominantnih u Beogradu.

ANALIZA PRIRODNIH USLOVA

Metropolitan grada Beograda zauzima područja dve velike prirodne celine: Panonske ravnice i Balkanskog poluostrva. Prirodnu granicu čine reke Sava i Dunav.

Analizirano područje pripada **biomu** submediteranskih šuma sa hrastom sladunom i cerom, koji uslovljava njegovu prirodnu raznovrsnost.

Sa stanovišta slike predela obiluje raznovrsnošću, izrazitim vizurama i kontrastima. Ovaj biom je pretrpeo visok stepen modifikacije, a plodno zemljište i povoljna klima su uslovlili dosta gusto naseljavanje.²

¹ Tijana Dragović, dipl. inž. pejzažne arhitekture, Šumarski fakultet Beograd, Kneza Višeslava 1, e-mail: tijana@mail.com

² Prof. Jasminka Cvejić, Tamara Maričić - Strategija prostornog uređenja, zaštite i razvoja metropolitena grada Beograda

Klimatske karakteristike

Šire područje Kosančićevog venca se, kao i ceo Beograd, nalazi u zoni umereno kontinentalne klime. Međutim, zbog svog specifičnog položaja, karakteriše ga urbani klimat. On se odlikuje visokim temperaturama, stvaranjem toplotnih ostrva, visokim stepenom aerozagađenja, velikom pokrivenošću veštačkim materijalima, zagađenošću životne sredine itd.³

Reljef i geomorfološke karakteristike

Zemljište se može podeliti na nekoliko celina:

I – najniža, obuhvata priobalni deo Save, i deo je njene aluvijalne ravni, sa kotama 75-78.5 mnv. Blagog je nagiba ka reci.

II - prostor sa velikim nagibom, 45- 60% . Nalazi se između aluvijalne zaravni Save i platoa na kotama od 89 do 94 mnv. Osnovu čini masivni krečnjak.

III - nalazi se na desnoj padini Save, sa kotama 89-106 m. Blagog je nagiba, 2-5%.

IV - najviši deo, sa kotama višim od 95-105m. Blagog je nagiba (2-5%).Predstavlja drugi deo rečne terase, koja je dosta izmenjena nasipanjem i izgradnjom objekata⁴.

Međutim, kada je reč o analiziranom području, ne može se govoriti o zemljištu kao o klasičnoj prirodnoj tvorevini. Dug period urbanizacije nam ukazuje da je zemljište u velikoj meri izmenjeno, tako da predstavlja antropogenu tvorevinu.

Hidrografske karakteristike

Najveći potencijal područja predstavlja njegov položaj na ušću dveju reka. Obale su zaštićene od pojave visokih voda, a nivo podzemnih voda je dosta visok.

Sava i Dunav spadaju u vodotoke II kategorije, što znači da se mogu koristiti za kupanje, rekreaciju i sportove na vodi, a uz normalne metode obrade mogu se upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom za piće i u prehrambenoj industriji.

Rečne vode su jako zagađene, jer njihovi ekosistemi trpe ogroman uticaj grada, koji ih najčešće koristi za izbacivanje komunalnog i industrijskog otpada

IDENTIFIKACIJA FUNKCIONALNIH ZONA

Zona Knez Mihajlove ulice

- najočuvaniji gradski ambijent druge polovine XIX veka
- veliki istorijski značaj i bogato kulturno nasleđe
- najpoznatija pešačka ulica grada
- namena : javno - komercijalna, ugostiteljska, trgovačka, umetnost i kultura

Tranziciona zona

- spona centra grada i priobalja, Knez Mihajlove ulice i Kosančićevog venca
- bitna pozicija u mreži ulica i javnih prostora
- namena: stanovanje, umetnost, kultura, turizam

Zona savskog pristaništa

- priobalna zona reke Save
- bez adekvatnih veza sa okolnim područjem
- namena: rekreacija, turizam, rečni saobraćaj (pristanište, Beton hala)

³ Lješević, Milutin - Nauka o životnoj sredini "Urbana ekologija", Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu

⁴ Vranić, Vera, diplomski rad "Geotehnička istraživanja za sanaciju klizišta na Kalemegdanu u Beogradu", Rudarsko-geološki fakultet, Beograd 1996

Zona Kosančićevog venca

- kulturno dobro od velikog značaja
- istorijski i gradski unikat, sa visokim estetskim i kulturnim vrednostima
- delimično izolovana celina
- orijentisana ka reci
- veliki broj znamenitih objekata
- arheološko nalazište
- namena: stanovanje, kultura, školstvo, crkveni i i umetnički sadržaji, odsustvo trgovine

Zona ka Brankovoj ulici

- izolovana
- opterećena saobraćajem



SAOBRAĆAJ

Celo područje trpi veliku opterećenost saobraćajnim problemima. Prisutno je mešanje lokalnog, sa tokovima tranzitnog i teretnog saobraćaja. Javni, individualni i pešački saobraćaj su u stalnom konfliktu. Ulice su svakodnevno zakrčene i preopterećene parkiranim vozilima. Pešaci nemaju svoj prostor, a nepostoji ni mreža pešačkih ulica i zona.

Vrednost ambijentalnih celina je umanjena, a zagađenje životne sredine prevazilazi sve dozvoljene granice. Veliki je porast buke i vibracije.

ZELENE POVRŠINE

Analizirano područje, kao i ceo Beograd, nema povezan, celovit sistem zelenih površina. Predstavlja urbanizovan prostor, koji se odlikuje visokim stepenom izgrađenosti i odsustvom otvorenih zelenih površina. Odlika postojećeg zelenila je njegova usitnjenost, nepovezanost, neravnomernost i zapuštenost. Centar grada pripada zoni koja se po stanju životne sredine smatra najugroženijom.

Uticaj zelenila na gradski klimat

- reguliše temperaturni režim i ublažava klimatske ekstreme
- povećava količinu vlage u vazduhu
- pospešuje provetravanje naselja
- smanjuje buku
- apsorbuje štetne gasove, poboljšava kvalitet vazduha
- indikator zagađenja životne sredine
- ima fitoncidna svojstva
- pozitivno utiče na zdravlje i psihičko stanje ljudi
- ima veliku estetsku vrednost



PREDLOG FUNKCIONALNIH ZONA

Zona Knez Mihajlove ulice

- produblјivanje funkcija i proširivanje postojećeg sadržaja na okolni prostor
- aktiviranje bočnih ulica i njihovo pretvaranje u atraktivne pešačke zone
- poboljšanje veza sa drugim zonama, naročito sa Kos. vencem i rekom

Šira zona ulice Kralja Petra

- nadovezivanje na zonu Knez Mihajlove ulice
- zaštita postojećeg sadržaja i njegovo unapređivanje

Zona Topličin venac

- obogaćivanje postojećeg sadržaja
- potenciranje na kulturnim, trgovačko - unikatnim sadržajima
- poboljšanje veza sa okolnim zonama

Zona ka Brankovoj ulici

- postepeno smanјivanje stambene funkcije
- potenciranje na poslovnom i trgovačkom sadržaju

Zona Kosančićevog venca

- područje integrativne konzervacije, kao prostorno kulturno-istorijska celina pod zaštitom
- zadržavanje postojećeg karaktera prostora, uz primereno unapređivanje i dopunavanje sadržaja.
- intenziviranje kulturnog sadržaja
- rekonstrukcija biblioteke - kompleks od republičkog značaja sa multifunkcionalnom namenom.
- isticanje vrednosti samog ambijenta
- poboljšanje veza sa rekom

Zona Karadorđeve ulice

- nova trgovačka zona
- orijentisana ka pristaništu
- unapređenje sadržaja: ugostiteljstvo, trgovina, komercijalne delatnosti, zabava
- ukljanjanje tranzitnog saobraćaja

Zona pristaništa

- ukidanje teretne uloge pristaništa
- intenziviranje rekreativne uloge keja
- Beton hala - novi centar aktivnosti (turizam, umetnost, kultura, zabava, ugostiteljstvo)
- rečna veza sa Muzejom savremenih umetnosti
- nova zelena veza sa Kalemegdanom

MREŽA ZELENIH POVRŠINA

- rekonstrukcija postojećeg zelenila
- nove zelene površine:
 - drvoredi - u svim ulicama dovoljno širokih profila
 - vertikalno zelenilo - na objektima koji ruže okolni ambijent
 - mobilno zelenilo - u ulicama gde nije moguće podići drvored
 - zeleni koridor - duž reke
 - ostvarivanje nove, zelene veze priobalja i kalemegdanskog parka



LITERATURA

- [1] Gradski zavod za zaštitu zdravlja: 'Eko Atlas', Beograd, 2004
- [2] Lješević, M.: 'Urbana ekologija', Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu
- [3] Skupština grada: 'Generalni urbanistički plan 2021.godine', Beograd, , 2003
- [4] Zavod za zaštitu kulture i spomenika: 'Kosančićev venac', Beograd
- [5] Maksimović, B.: 'Ideje i stvarnost urbanizma Beograda 1830-1941', Beograd
- [6] Milojević, N., Filipović Dr. B., Dimitrijević Mr. N.: 'Hidrogeologija teritorije grada Beograda', Obod, Cetinje 1975.
- [7] Public art and public spaces: 'Paps', publikacija, Beograd 2003
- [8] 'Prirodne vrednosti Ratnih ostrva i beogradskog ušća, Beograd
- [9] Statistički godišnjak Beograda 2002, Beograd
- [10] Vranić, V.: 'Geotehnička istraživanja za sanaciju klizišta na Kalemegdanu u Beogradu', diplomski rad Rudarsko-geološki fakultet, Beograd 1996
- [11] Stovel, Herb- 'Kulturni pejzaži: novi pristup očuvanju kulturnog nasleđa', Glasnik

ANALYSIS OF NATURAL AND ARTIFICIAL CONDITIONS OF KOSANČIĆEV VENAC WIDER AREA

Summary: *The main goal of this study is analysis of natural and urban characteristics of wider zone of Kosančićev venac. Analysis has the goal to define problems and potential of this area, and give the proposals for future use. Special attention is given to analysis of city center green spaces, with suggestions for new green structures and system of green spaces.*

Restrictive activity in this space, with accent on reconstruction of existing purpose, has the goal to maximum respect and protect great historical and natural city values.

STRATEŠKA PROCENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU NA PRIMERU GP SMEDEREVA I PPO SMEDEREVO

Prof. dr Dejan Filipović¹
Mr Velimir Šećerov²
Nenad Krčum³

UDK:502.1:711.2(497.11)SMEDEREVO

Rezime: *Usvajanjem novog seta zakona u oblasti zaštite životne sredine propisana je izrada Strateške procene uticaja na životnu sredinu za planske akte. Ovim dokumentom omogućuje se sagledavanje pozitivnih i negativnih uticaja koje mogu imati neke planske akcije u prostoru, valorizuju rešenja propisana planovima i definišu mere za praćenje i monitoring stanja okoline na određenoj teritoriji. Prostorni plan opštine Smederevo je prvi usvojeni prostorni plan opštine po novom Zakonu o planiranju i izgradnji koga je pratila izrada Strateške procene uticaja na životnu sredinu. Kako je paralelno sa donošenjem PPO finalizirana i izrada Genralnog plana grada, Strateška procena je obuhvatila oba dokumenta. Ovaj rad je kratak prikaz ove studije.*

Ključne reči: *zaštita životne sredine, strateška procena uticaja, planski dokumenti, zakonski osnov*

U teoriji i praksi prostornog i urbanističkog planiranja kod nas, životna sredina je zauzimala značajno mesto budući da su prostor i okruženje u kome čovek živi jedinstvena celina. Činjenica da se planskim rešenjima u velikoj meri utiče na kvalitet pojedinih elemenata životne sredine nameće značaj planiranja i uređenja prostora za obezbeđivanje zdrave životne sredine kao jedne od osnovnih ljudskih potreba.

Međutim iz razloga što se u mnogim planskim dokumentima nije vodilo računa o aspektu životne sredine, ili ne u meri u kojoj je to bilo potrebno, javila se potreba za uvođenjem strateške procene uticaja (SPU), koja ima za cilj da „proveri“ da li su planska rešenja u skladu sa zaštitom životne sredine.

Strateška procena uticaja na životnu sredinu je novi instrument kojim se opisuju, vrednuju i procenjuju mogući značajni uticaji planskih rešenja na životnu sredinu do kojih može doći implementacijom plana, i određuju mere za smanjenje negativnih

¹ Dejan Filipović, dipl.pr.planer, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu-Institut za prostorno planiranje, Studentski trg 3/III, 011/637-421, e-mail: dejanf@EUnet.yu

¹ Velimir Šećerov, dipl.pr.planer, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu-Institut za prostorno planiranje, Studentski trg 3/III, 011/637-421, e-mail: app2000@EUnet.yu

¹ Nenad Krčum, dipl. pr.planer, Direkcija za izgradnju, urbanizam i građevinsko zemljište Smederevo, Trg Republike 3, 026/227-950, e-mail: krcumn@ptt.yu

uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi. U savremenom planiranju, uvođenjem strateške procene uticaja, ekološka dimenzija prožima čitav proces izrade planskih dokumenata i integrisana je u planska rešenja, čime planovi postaju kvalitetniji i usklađeniji sa konceptom održivog razvoja.

Prostorni plan opštine Smederevo i Generalni plan Smedereva su osnovni strateški planski dokumenti na lokalnom nivou, koji u prostorni razvoj uključuju ekonomske, socijalne i ekološke komponente razvoja, daju smernice za neposrednu primenu i razradu planskih rešenja u planovima hijerarhijski nižeg reda i uspostavljaju okvir za odobravanje i realizaciju projekata u pogledu lokacije, prirode, obima i uslova funkcionisanja. Neposredan povod za izradu predmetnog Izveštaja o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu je obaveza proizašla iz Rešenja o pristupanju strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu Prostornog plana opštine Smederevo i Generalnog plana Smedereva, koje je na osnovu čl. 9. Zakona o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br.135/04) donela Komisija za planove opštine Smederevo. Prostornim planom se definišu osnovna rešenja, smernice, politike i propozicije zaštite, uređenja i razvoja teritorije opštine Smederevo, odnosno osnovnih resursa i vrednosti koji se na njoj nalaze, čineći jedinstven kompleks u širem regionalnom okruženju sa opštinama Kovin, Požarevac, Velika Plana, Smederevska Palanka, i gradom Beogradom. Generalnim planom se na osnovu procenjenih prostornih mogućnosti definiše razvoj grada i afirmišu njegove glavne vrednosti, utvrđuju se granice građevinskog reona i definišu namene površina u okviru istog.

Karakter i sadržaj prostornog plana i generalnog plana Smedereva je takav da se ovim planskim dokumentima utvrđuju dugoročni ciljevi i koncepcija prostornog razvoja opštine Smederevo, odnosno grada Smedereva. Utvrđuju se pravila korišćenja, organizacije, uređenja i zaštite prostora, kojima se obezbeđuje održivo korišćenje i zaštita prirodnih resursa, racionalna organizacija mreže naselja, njihovo uređenje i opremanje, razvoj i uređenje ruralnih područja, racionalan prostorni razvoj i razmeštaj privrednih i uslužnih delatnosti i javnih službi, usklađen razvoj i korišćenje infrastrukturnih sistema, saobraćajni, ekonomski, socijalni i dr. oblici integracije područja opštine Smederevo i njeno povezivanje sa okruženjem, zaštita životne sredine, prirodnih i kulturnih dobara.

Nakon definisanja obuhvata i granica PPO⁴ na samom početku je uočen **glavni cilj** plana a to je: *prepoznavanje, definisanje i operativno angažovanje svih prostornih mogućnosti opštine Smederevo radi zadovoljenja kriterijuma regionalnog centra Srbije i njegovog usmerenja ka procesima evropskih integracija*, kao i sledeći operativni ciljevi:

- Adekvatnije korišćenje geografskog i duhovnog položaja opštine Smederevo, kako bi njeni potencijali došli do punog izražaja.
- Smederevo, kao regionalni centar u decentralizovanoj Srbiji, treba da razvije ulogu integrativnog faktora razvoja šireg područja.
- Tri osnovne komponente prostornog razvoja opštine - luka na Dunavu, industrijski kompleks i park kulture na Dunavu, treba da čine prioritete strateške zadatke u narednom periodu.

⁴ Ista je procedura je primenjena i na GP Smedereva te će se u ovom delu teksta dati primer samo za PPO.

Sadržaj PPO i GP Smedereva je bio u svemu uređen po Zakonu. Obuhvatajući smernice iz planova višeg reda, kapacitete i probleme opštine, potencijale, prednosti i ograničenja prostornog razvoja opštine, razvojne prioritete vezane za prirodne sisteme, stanovništvo i društvene sisteme, mere i instrumente za sprovođenje plana, planovi su na veoma integralan način tretirali teritoriju Smedereva. Poseban osvrt je dat na deo koji se odnosi na zaštitu životne sredine, te potencijalne opasnosti koje razne akcije u prostoru mogu imati na vazduh, vodu i zemljište, kao i stavljanje prekomerne buke, komunalnog, industrijskog i opasnog otpada. Kako je prirodna i životna sredina nelimitirana administrativnim granicama konsultovane su brojne republičke i lokalne institucije, akteri iz susednih opština i naučne i stručne ustanove. Imajući u vidu varijantna rešenja koja se odnose na zaštitu životne sredine, Strateška procena uticaja je sagledala i vrednovala svaku od njih.

Nakon opisa prirodnih i stvorenih karakteristika područja urađena je analiza i ocena elemenata životne sredine. Ovakva analiza se odnosi na stanje vazduha u odnosu na delovanje industrije, saobraćaja, grejanja i sl, na njegov kvalitet i prikaz rezultata imisije u Smederevu u okolini najvećih emitera zagađenja. Slična metodologija je primenjena i kod kvaliteta vode, nivoa buke, tretiranja otpada i dr. Ovim je analitički deo SPU zaokružen i moguće je bilo postaviti opšte i posebne ciljeve same SPU sa osnovnim indikatorima stanja životne sredine kojih je bilo 22.

Opšti ciljevi zaštite životne sredine na planskom području podržavaju opšte ciljeve postavljene planovima višeg reda i to:

- Obezbeđivanje kvalitetne životne sredine, što podrazumeva čist vazduh, dovoljne količine kvalitetne i higijenski ispravne vode za piće, zatim očuvanost poljoprivrednog zemljišta, ekosistema i biološke raznovrsnosti, kvalitetne površine za rekreaciju i turizam, uređenost naselja i sl;
- Postizanje racionalne organizacije, uređenja i zaštite prostora usklađivanjem njegovog korišćenja sa mogućnostima i ograničenjima u raspolaganju prirodnim resursima (poljoprivredno zemljište, šume, vode i dr.) i stvorenim vrednostima, odnosno optimalno upravljanje i korišćenje prirodnih resursa;
- Zaustavljanje dalje degradacije prirodne sredine (vazduh, voda, zemljište i dr.) određivanjem stanja, prioriteta zaštite i uslova održivog korišćenja prostora;
- Preduzimanje adekvatnih preventivnih mera uz uspostavljanje sistema kontrole svih oblika zagađivanja.
- Podizanje i jačanje nivoa ekološke svesti, informisanja i obrazovanja stanovništva o ekološkim problemima uključivanjem javnosti u donošenje odluka u pogledu mera zaštite životne sredine.

Dok su **posebni ciljevi** usmereni u pravcu:

- Efikasne zaštite elemenata životne sredine (vazduha, vode i zemljišta) od zagađivanja, zaštita od buke i kontrolisano postupanje sa komunalnim i industrijskim otpadom.
- Zadržavanja i zaštite prirodno vrednih i očuvanih ekosistema smederevske opštine, kao i prostora kod kojih kvalitet životne sredine nije bitnije narušen

- Saniranja i revitalizacije degradiranih i ugroženih ekosistema i saniranja posledice zagađenja, u cilju stvaranja kvalitetnije životne sredine.
- Određivanja najadekvatnijeg načina korišćenja prirodnih resursa i prostora sa ciljem očuvanja prirodnih vrednosti i unapređenja životne sredine.
- Rezervisanja i očuvanja područja koja se iz strateških razloga ne smeju zagađivati i uništavati (izvorište vodosnabdevanja, zaštitni pojasevi, zaštićena prirodna i kulturna dobra i dr.).

Poslednji deo Studije se odnosio na procenu mogućih uticaja za smanjenje negativnih efekata na životnu sredinu. Sva planska rešenja (njih 143) su tretirana u odnosu na njihove implikacije na prostor i to u 4 kategorije (nema uticaja na životnu sredinu, mali uticaj, značajan uticaj ili veliki uticaj) i posebno u kontekstu da li pozitivno ili negativno deluju na okolinu, te su prikazana u formi tabele, bodovana i komentarisana. Mere za sprovođenje i ograničenje negativnih, odnosno uvećanje pozitivnih efekata proizilaze kao posledica valorizacije planskih rešenja i precizno su definisane u dokumentu.

Na osnovu vrednovanja planskih rešenja, u Prostornom planu je prepoznato 18 potencijalno negativnih uticaja od čega 8 može biti velikog ili značajnog uticaja. Najveći deo planskih rešenja sa potencijalno negativnim uticajem odnose se na industriju i krupne objekte saobraćajne infrastrukture. Kada se govori o potencijalno pozitivnim uticajima planskih rešenja može se konstatovati da su ona brojnija. Na osnovu vrednovanja, u Prostornom planu je prepoznato 38 pozitivnih uticaja od čega 16 može biti od velikog uticaja.

Strateška procena uticaja na životnu sredinu za PPO i GP je po svojoj suštini sveobuhvatni dokument kojim se tretira stanje prirodne i životne sredine a teritoriji opštine/grada. Radi toga detektovani problemi i planske akcije zahtevaju detaljniju razradu kroz planove nižeg reda čiji je sastavni deo takođe SPU. Sledeći ovu logiku propisano je obaveznih 11 SPU za buduće urbanističke planove koji se odnose na ključne zone u opštini i gradu koje su potencijalno opasne/pozitivne i koje treba posebno ispitati. Osim toga, a zarad sigurnosti i stalnog uvida, utvrđen je monitoring sistem i program praćenja stanja životne sredine u opštini. Uspostavljanje sistema monitoringa je jedan od prioritarnih zadataka kako bi se sve predložene mere zaštite životne sredine u Prostornom planu opštine i Generalnom planu Smedereva mogle uspešno implementirati u praksi. Program praćenja stanja životne sredine u toku sprovođenja plana sadrži, prema Zakonu o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br.135/04), sledeće stavke:

- 1) opis ciljeva plana i programa;
- 2) indikatore za praćenje stanja životne sredine;
- 3) prava i obaveze nadležnih organa; i
- 4) postupanje u slučaju pojave neočekivanih negativnih uticaja.

Program praćenja stanja životne sredine može biti sastavni deo postojećeg programa monitoringa koji obezbeđuje organ nadležan za zaštitu životne sredine.

Na ovaj način zaokružen je kompletan planski proces na teritoriji opštine Smederevo. Opština se kroz set strateških dokumenata koje je usvojila, a zajedno i sa SPU, približila

potpunom planskom uređenju sopstvene teritorije. U slučajevima gde je procenjeno da može doći do velikog, odnosno značajnog, potencijalno negativnog uticaja potrebno je preduzeti odgovarajuće mere zaštite propisane kroz SPU. Institucionalna podrška i implementacija postavljenih zadataka koji su prihvaćeni su sledeći, najvažniji korak, ka kvalitetnom ukupnom razvoju koji će respektibilno posmatrati i ekonomski i društveni napredak, sa jedne i zaštitu životne sredine, sa druge strane.

LITERATURA:

- [1] Prostorni plan opštine Smederevo, 2004.
- [2] Generalni plan Smedereva, predlog plana, 2005.
- [3] Izveštaj o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu Prostornog plana opštine Smederevo i Generalnog plana Smedereva 2020., 2006.
- [4] Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br.135/04)
- [5] Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br.135/04)
- [6] Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br.135/04)

STRATEGIC ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT- EXAMPLE OF SPATIAL PLAN OF MUNICIPALITY SMEDEREVO AND MASTER PLAN OF SMEDEREVO

***Summary:** After the new laws in environmental area have been adopted we have obligation to make Strategic environmental impact assessment for all planning documents. This document will enable recognition of positive and negative impacts, witch could be caused by some planning actions within the space, evaluation of planning decisions and definition of environmental monitoring in certain area. Spatial Plan of Municipality of Smederevo is the first adopted spatial plan of a municipality according to new Law of planning and construction. The municipality of Smederevo has also started to make strategic environmental impact assessment for the spatial plan of municipality as well as master plan of the city of Smederevo. This paper is a short review of this study.*

***Key words:** environment, strategic environmental impact assessment, planning documents, laws*

ZNAK I URBANI PROSTOR

Ivan Hegediš¹

UDK:7.045:711.4

Rezime: U gradu komuniciraju ljudi međusobno, pojedinac sa grupom, a građani sa urbanim okruženjem u celini. Ova se komunikacija ostvaruje putem znakova. Komunikaciju možemo odrediti kao posrednu interakciju među jedinkama koja se ostvaruje znakovima. Proces se odvija emitovanjem znakova u jednom ili oba smera. Kao prva grupa u mnoštvu znakova izdvajaju se tradicionalni simboli koji se koriste u različitim kulturama od samih začetaka civilizacije i izdvajaju se zbog svoje dugotrajnosti i široke rasprostranjenosti. Kao drugu veliku grupu možemo označiti znakove koji služe opštoj komunikaciji: pismo, brojevi, formule u matematici, hemiji i fizici, saobraćajni znaci, muzički znakovi... Osnovna im je karakteristika da zamenjuju nesumnjivo jasan sadržaj. Treća grupa znakova predstavlja simbole koji označavaju firme, kulturne, sportske, političke, verske i slične organizacije, državne grbove i zastave, porodične grbove. U ovoj grupi se nalaze i znakovi marketinga. Kroz primere tradicionalnih znakova, njihovu upotrebu, transformacije i prisvajanje pokazali smo da je komunikacijski proces jedinstvena pojava u urbanom prostoru. Pojava marketinga znakova u tom prostoru rezultat je promena u društveno-ekonomskim odnosima koji su se razvijali u jednom dugom istorijskom periodu. Ovaj vid komunikacije predstavlja aktuelni preovlađujući set znakova u savremenom urbanom prostoru. Njegov uticaj se manifestuje u različitim stepenima osvajanja fizičkih struktura grada, od uklapanja u istorijske slojeve do apsolutne dominacije. Uticaj se odražava na arhitekturu, urbanu opremu i celokupni urbanitet grada.

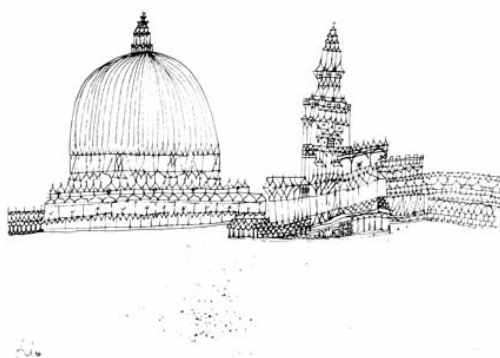
Ključne reči: znak, simbol, komunikacija, imidž

¹ Dr Ivan Hegediš, dipl. inž. arh, docent, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024 554-300, e-mail hege@tippnet.co.yu

2.0. Suština znaka

Šta je u stvari znak? „Znak je sve što se tumači kao znak i samo ono što se tumači kao znak (Maks Bense)² Iz ove tvrdnje vidimo da je znak vrlo široki i neodređeni pojam koji možemo shvatiti kao sve ono što stoji umesto nečega a iskazuje njegove osobine (sl. 1).

Znači, „da se znak odnosi na nešto za nekoga³ iz čega se može zaključiti da znak može biti bilo koji predmet, misao, san, ideja, slika, crtež koji stoji umesto nekog stvarnog objekta ili pojave i tumači njegovu prirodu.



Sl. 1 Crtež je znak koji na osoben način opisuje stvarni događaj. Pol Kle, Katedrala 1927

Znak je mimika i gestikulacija koje izražavaju raspoloženje ili služe da pojačaju ubedljivost ljudskog govora, znakovi su i neke deformacije muskulature lica. Znak je ljudski govor koji misao tumači artikulisanim glasovima i stoji umesto njega. Znak je ljudsko pismo, brojevi, hemijske formule kao sistemi koji zamenjuju govor kao izraz ljudske misli. Znakovi su šminka kod ratnika, glumaca i žena, ratničke maske, štitovi, kacige, zastave, grbovi. Znakovi su ornamenti na zgradama, krstovi na crkvama (sl. 2 i 3). Znakovi su u saobraćaju, u trgovini, institucijama, proizvodima, proizvodnim pogonima; svuda gde se ljudi sreću, kontaktiraju i razmenjuju informacije da bi obavili bilo koji posao, igru, borbu, izrazili ljubav ili mržnju. Oni su deo svakodnevnog života, deo kulture i deo ljudske civilizacije.

² F Walter J. Diethelm: Signet, Signal, Symbol, ABC Verlag, Zürich, 1972, str. 214

³ Čarls Moris: Osnove teorije o znacima, BIGZ, Beograd, 1975, str. 19



Sl. 2 Slog opeka na fasadi, stub i vrata – graditeljski znakovi; Buhara

Već iz ovog pukog nabiranja vrlo različitih pojava uočavamo da ih međusobno vezuje osnovna priroda znaka, a razdvajaju mnoge osobine tokom nastanka i upotrebe. Da li je to dovoljno da ih povežemo u jedinstvenu pojavu i tako posmatramo. Svakako jeste, jer su znakovi po svojim opštim karakteristikama nosioci jedinstvenog procesa komunikacije.

2.1. Semiologija nauka o znacima

Semiologija kao disciplina koja izučava znakove dobija na značaju kasnih šezdesetih godina XX veka pojavom Rolanda Barthesa i njegovog eseja *Mithologies* (1957) koji smatra da semiologiju možemo primeniti na svaki sistem znakova: slike, geste, muziku, objekte i sve kompleksne predstave. To je pokušaj da se integrišu izučavanja znakova u jedinstvenu disciplinu koja neće biti prevashodno lingvistička. Ovaj stav su sledili i drugi autori pa tako Umberto Eco smatra da je semiotika u vezi sa svime što se smatra znakom, pri čemu je znak sve ono što stoji umesto nečega drugog.⁴

Gledajući sa stanovišta lingvističke semiologije se bavi značenjem reči. Međutim, znak ima raznorodne oblike i prenosi se putem medija; govorom, štampom, elektronskim putem koji imaju različite tehničke forme masovnih medija (radio, televizija, novine, magazini, knjige, fotografije, film, različiti zvučni zapisi) ili kao mediji interpersonalne komunikacije (telefon, pismo, faks, e-mail, video konferencije, kompjuterski chat sistemi). Podela se vrši prema multisenzorskoj prirodi čoveka zasnovanoj na njegovim čulima (vizuelni, audio, taktilni, hemijski i termički). Zanimljiva su razmatranja kulturnih i društvenih uticaja na tehničke osobine medija kojima se može uticati na značenje poruke odnosno njeno shvatanje.

Lingvisti insistiraju na tome da je semiologija deo lingvistike ali se moderni semiotičari ne slažu sa tim, mada dovode u pitanje odvajanje semiologije od jezika. Saussure kao lingvista pravi razliku između jezika (*language*) i govora (*speech*), gde jezik predstavlja sistem pravila i konvencija sa kojima je nezavistan, dok govor upućuje na pojedinačne

⁴ Eco Umberto: *A Theory of Semiotics*, Bloomington, Indiana University Press/London, Macmillan, 1976, str.

slučajeve. Primenjujući ovo na semiotički sistem postavlja se distinkcija između koda i poruke, strukture i događaja, ili sistema i upotrebe.

Strukturalisti, primenjujući Saussureve prioritete, fokusiraju pažnju na socijalne i kulturne fenomene protiv semiotičkog sistema. Znak je deo organizovanog socijalnog odnosa i ne može postojati van njega.⁵ Dalje tvrde da jezički sistem predstavlja deo socijalnog sistema i kritikuju Saussura da ignoriše istorijsku komponentu. Claude Lévi-Strauss uvodi u semiotiku antropološki pristup, dok Robert Hodge i Gunther Kress kroz pojam socijalne semiotike tvrde da priroda i funkcije semiotičkog sistema ne mogu proučavati izolovano.⁶

U dekadi posle 1970. semiotika doživljava promene u teoretskom smislu klasifikacije sistema znakova (osnovnih jedinica, nivoa i strukturalne organizacije, pravca istraživanja načina produkcije znakova i mišljenja, puteva kojim se sistemi i kodovi koriste. Ranije je naglašeno istraživanje sistema znakova (jezik, literatura, film, arhitektura, muzika itd) kao mehanizma koji generiše poruku. Sada je naglasak na radu ili aktivnosti kojom se konstituiše i/ili transformiše kôd istovremeno kada se konstituiše i transformiše pojedinac koji koristi kodove izvodeći rad, pojedinac koji je (i usled kojeg je) subjekt semioze.

Umberto Eco dalje razvija ovaj pristup smatrajući da kultura proizvodi znakove i/ili atribute značenja znakova kao društvene aktivnosti, pri čemu su svi subjektivni faktori ugrađeni u pojedinačni akt semioze. Ovo naglašavanje dva glavna mišljenja predstavlja poststrukturalističku aktuelnu semiotičku teoriju. Jedno je usmereno na individuu kao subjekta koji je označioc, a drugo je društvena dimenzija označavanja koja se praktički, estetički ili ideološki koristi u interpersonalnoj komunikaciji.⁷

Iz modernog shvatanja semiotike možemo uočiti da izučavanje znakova nije ništa drugo već izučavanje suštine i smisla realnosti. Zato možemo reći da su znakovi draži, a to znači procesi koji izazivaju nečiju reakciju i deluju na ponašanje jedinke i deluju posredno time što ukazuju na nešto, a stoje umesto nečega drugoga. Da bismo shvatili koja je to vrsta specifične draži setimo se da svetlost talasne dužine 700-800 milimikrona izaziva oset crvene boje. To nije znak, jer ne stoji umesto nečega, već je direktan fiziološki nadražaj. Crveno svetlo na semaforu jeste znak jer stoji umesto naredbe za zaustavljanje zbog opasnosti od sudara.

Osnovna osobina znakova je da su arbitrarni. Njihovo značenje je dogovoreno i precizno određeno. Pogledajmo samo neke znakove u pismu: znak A je potpuno i bez ostatka određen kao zamena za odgovarajući glas. Njegovo značenje je jednako za sve ljude koji se koriste određenim pismom. Isto se odnosi na znakove za brojeve, formule za hemijska jedinjenja i slično. Podelu znakova možemo izvršiti na različite načine zavisno od njihovog postanka i osobina:

I. Prirodni (izraz lica kao posledica emotivnog stanja) i Veštački (brojevi, pismo,

⁵ Voloshinov Valentin: *Marxism and the Philosophy of Language*, Seminar Press, New York, 1973, str. 21

⁶ Hodge Robert & Gunther Kress: *Social Semiotics Polity*, Cambridge, 1988, str. 1

⁷ de Lauretis Teresa: *Alice Doesn't: Feminism, Semiotics, Cinema*, Macmillan, London, 1984, str. 167

hemijske formule, reči govora). U ovoj podeli se posebnom vrstom smatraju ikonički znakovi koji su oblikom slični objektu umesto kojeg stoje.

II. Podela prema funkcijama (po Bühler, 1934.):

1. Ekspresivna funkcija (izražavaju unutrašnja stanja)
2. Apelativna funkcija (treba da izazovu nečiju pažnju i aktivnost) signali
3. Reprezentativna funkcija (predstavljaju i označavaju stvari i pojave) simboli

Danas je u upotrebi podela na funkciju reprezentovanja (signifikaciona) simboli, i ekspresivnu signali. Simboli su znakovi koji se koriste za označavanje stvari, odnosa, ideja, doživljaja i uopšte različitih sadržaja kojih smo svesni i želimo ih fiksirati. Signali su izraz unutrašnjeg stanja organizma, afektivnog stanja ili neke intenzivne potrebe, ili su odraz neke relativno trajne karakteristike osobe. Oni su nenamerni.⁸

2.2. Podela znakova

Čovek se služi znakovima još od prvih začetaka civilizacije. Koliko je bogato korišćenje ovog načina komunikacije vidi se iz Pirsove tvrdnje da u teorijskoj projekciji može biti 59.049 tipova znakova.⁹ Brojnost znakova uzrokovana je kompleksnom prirodom komunikacije te se podela znakova može izvršiti na osnovu njihove prirode, oblasti u kojoj se koriste i načina na koji su nastali. Postoje različiti načini podele koji mogu u većoj ili manjoj meri doprineti preglednosti, mada uvek stoji zamerka da se ne može dostići dovoljna preciznost koja je uslovljena prethodno usvojenim definicijama kao polazištem u postupku grupisanja.

Glavnu ulogu u grupisanju imaju funkcije znaka:

1. Referencijalna funkcija određuje odnos između poruke i predmeta na koji se ona odnosi. Bitnu ulogu ovde igraju kodovi čija je funkcija da se izbegne zamenjivanje, mešanje znaka, poruke i kodirane stvarnosti.
2. Emotivna funkcija određuje odnos između poruke i njenog pošiljaoca kod koje se izražava stav prema predmetu opštenja.
3. Konotativna funkcija određuje odnos između poruke i njenog primalaca (objektivnosubjektivno, cilj organizovanja zajedničke akcije; sazajnoafektivno, cilj da podstakne na učešće.
4. Poetska ili estetska funkcija predstavlja odnos poruke same sa sobom (umetnost stvaranja porukepredmete).
5. Fatička funkcija teži da potvrdi, održi ili prekine opštenje.
6. Metalingvistička funkcija ima za cilj da odredi smisao znakova za koje postoji

⁸ Pjer Giro: *Semiologija*, Nolit, Beograd, 1970, str. 63

⁹ Daniel Chandler: *Semiotics for Beginners*, University of Wales, 2000, str. 24

opasnost da ne budu shvaćeni od primalaca (različito tumačenje umetničkog dela zavisno od stila).

7. Razumeti i osetiti su dve konkurentne funkcije, gde se razumevanje odnosi na objekat a emocija na subjekat.

8. Smisao i informacija koji se javljaju kao tri tipa zavisno od logičkog odnosa znakova: isključivanje distinktivna (klasifikaciona), uključivanje taksinomička, presecanje semantička (značenjska).

Ovako određene funkcije znaka imaju opšti semiološki karakter i primenjive su na sve vrste znakova, tako i na znake vizuelne komunikacije koji nas posebno zanimaju. Mada se grupisanje može vršiti mnogo detaljnije, ograničili smo se na opštu podelu koja nam omogućava preglednost i vodi nas jedinstvenoj analizi pojave znakova u urbanom prostoru i njihovog uticaja na njegove funkcije.

2.3. Tradicionalni simboli

Kao prva grupa u mnoštvu znakova izdvajaju se simboli koji se koriste u različitim kulturama od samih začetaka civilizacije. Kroz dugu upotrebu stiču visoki stepen univerzalnog značenja te ih zato označavamo kao tradicionalne simbole. Mada se često mogu svrstati u neke druge grupe, tradicionalni simboli se izdvajaju zbog svoje dugotrajnosti i široke rasprostranjenosti. To su simboli koji predstavljaju prirodne pojave, njihovo shvatanje i tumačenje. Oni nose oznake čovekovog shvatanja i odnosa prema prirodi, univerzumu; svemu onome što ga okružuje i preokupira njegovu pažnju. Nekolicinom primera tradicionalnih simbola prikazaćemo njihovu pojavu, upotrebu i trajanje.

2.3.1. Krst

Krst spada među najstarije simbole ljudske civilizacije. Verovatno je nastao slučajnim ukrštanjem dva štapa koji, u početku, nisu imali nikakvo značenje. Možda je nastao davanja uputa za orijentaciju na raskršću puteva, čime je samim činom crtanja određeno i njegovo značenje (sl. 3). Davanjem ovog sadržaja (poruke) koju će kasnije prenositi, krst postaje znak. Od tada se nalazi u upotrebi u svim starim civilizacijama.



Sl. 3 Jednostavan krst od ukrštenih balvana

Njegovo osnovno značenje je skoro istovetno u svim kulturama i proizilazi iz suštine njegove pojave. Osnovne osobine ga povezuju sa tri temeljna simbola: krugom, kvadratom i središtem.¹⁰ Ukrštanjem dva pravca koji se seku određuje se središte, upisan u krug deli ga na četiri dela, a povezivanjem njegovih krajeva dobija se kvadrat i time dovodi u vezu sa brojem četiri, dok se u Kini dovodi u vezu sa brojem pet jer se uzima u obzir i središte kao neodvojivi elemenat krsta. Iz ovih prostih osobina gradi se sva složena simbolika krsta.

Usmerenost njegovih krakova u četiri smera određuje ga kao osnovni simbol orijentacije: čovekov odnos prema samome sebi, u odnosu na zemaljske stožerne tačke, vremensku orijentaciju i nebeske stožerne tačke.

Krst ima funkciju sinteze i mere, u njemu se sastaju nebo i zemlja, prepliću vreme i prostor. On je posrednik u komunikaciji zemljanebo i nebozemlja, odozdo nagore i odozgo nadole. Simbol je univerzalnog, kadar za bezgranično širenje u horizontalnoj i vertikalnoj ravni. Vertikalna linija je nebesna, duhovna i intelektualna, pozitivna, aktivna i muška, dok je horizontalna zemaljska, racionalna, pasivna, negativna i ženska (sl. 7). Krst predstavlja sjedinjenje čovekove duše u njenom horizontalnom i vertikalnom vidu nužnu za pun život; predstavlja arhetipskog čoveka. Time je određen kao uzlazni simbol koji povezuje zemaljsko i nebesko.

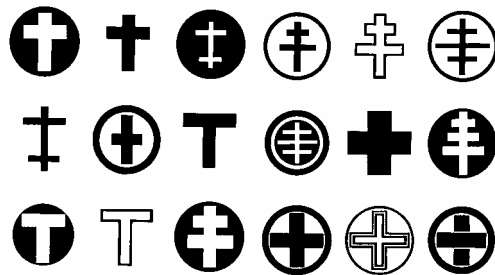
Krst raseca, određuje i meri svete prostore; ocrta gradske trgove; preseca polja i groblja; presečište njegovih krakova označuje raskršća; u toj središnjoj tački diže se žrtvenik, kamen, jarbol.

Krst kao simbol ima univerzalno značenje koje mu obezbeđuje civilizacijsku dimenziju. Međutim, njegovom upotrebom kao religioznog hrišćanskog simbola ova opšta dimenzija je sužena, mada se tvrdi da je istovremeno obogaćen njegov sadržaj. On je simbol Raspetog, Hrista, Spasitelja, Reč, druga osoba trojstva čime je označeno usvajanje i prisvajanje krsta od strane hrišćanstva i određivanje njegovog daljeg postojanja. Ovo je bitan momenat u trajanju i upotrebi ovoga simbola jasno pokazuje da

¹⁰ J. Chevalier, A. Gheerbrant: Rječnik simbola, Nakladni zavod MH, Zagreb, 1983, str. 309

njegova priroda nije statična i da je podložna promenama bez obzira na meru u kojoj je značenje univerzalno i čvrsto. To će se naročito pokazati kod posebnog oblika krsta svastike.

Oblici u kojima se krst javlja vrlo su različiti: krst bez vrha (T-krst), krst sa vrhom i samo jednom prečkom, krst sa vrhom i dve prečke, krst sa vrhom i tri prečke (sl. 4). Svaka od ovih vrsta ima svoje specifično značenje ali ne isključuje druge vrste i nije apsolutna. T-krst simboliše zmiju obešenu o kolac, smrt pobeđenu životom, značenje koje se nalazi još u Starom zavetu. Krst sa jednom prečkom je krst evanđelja. Četiri kraka simbolišu četiri elementa koja su se iskvarila u ljudskoj prirodi; čovečanstvo privučeno Hristu sa sve četiri strane sveta, vrline ljudske duše. Podnožje krsta usađeno u zemlju označava veru koja počiva na dubokim temeljima, a gornji krak naznačuje nadu koja stremlji ka nebu; širina krsta je milosrđe koje se širi sve do neprijatelja; dužina je postojanost do kraja.



Sl. 4 Krst se javlja u različitim varijacijama

Grčki krst je jednakih krakova i može se upisati u kvadrat, on je idealizovan; dok se latinski može upisati u pravougaonik i on je realističan. Krst sa dve prečke (lorenski krst koji potiče iz Grčke, na gornjoj prečki nosi Pilatov pogrdni natpis „Isus Nazarećanin, kralj židovski, a na donjoj su se širile Hristove ruke. Krst sa tri prečke postao je simbol crkvene hijerarhije, mada od XV veka samo papa ima prava na njega; dvostruki je pripao kardinalu i nadbiskupu, a jednostruki biskupu.

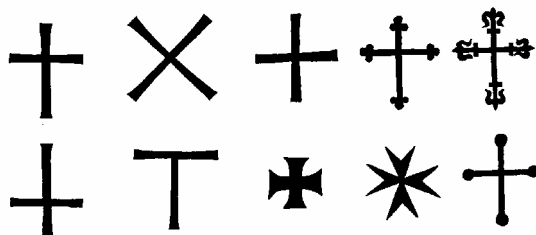
Krst nalazimo i u prirodi prepoznajući ga u čoveku raširenih ruku, ptičjem letu, lađi i jarbolu, oruđu za oranje tla... Keltski krst nas upućuje na opšti simbolizam. On je upisan u krug tako da krakovi prelaze rub kruga i združuju simbolizam krsta i kruga pa i samog središta. Prikazuje sklad četiri elementa: vazduh, zemlja, vatra i voda i njihove osobine: toplo, suvo, vlažno i hladno. Asocira na podelu Irske na četiri pokrajine sa petom u središtu. Podudarnost drevnih keltskih koncepcija i hrišćanskih ezoteričnih misli Ircima je obezbedila savršenu sintezu hrišćanstva i keltske predaje. U tome nalazimo primer preuzimanja simbola iz jednog oblika verovanja i društvene organizacije u drugu i usvajanja simbola sa novim proširenim, dopunjenim ili potpuno novim značenjem. Ovo je pojava koja je česta u savremenom svetu.

U azijskim kulturama krst nema toliko raznoliko i bogato razuđeno značenje. Sveden je na opštu simboliku ukrštenih osa gde uspravna povezuje hijerarhiju stepena ili stanja bića, a vodoravna kao razvitak bića do određenog stepena. Vertikalna osa predstavlja

delovanje neba, a horizontalna površinu voda na kojoj se ono odvija. Tu nalazimo i simboliku podele kruga na četiri dela kao simbola prelaza između zemlje i neba, sveobuhvatnosti čovekove prirode, sveobuhvatnosti kruga sa krstom koji predstavlja točak, simbol sunca.

Kod muslimana se četiri kraka poistovećuju sa četiri reči Shahade, širenjem muslimanske vere. U Egiptu je krst sa drškom simbol miliona godina budućeg života; egipatski „ank; kombinujući muški i ženski simbol, sjedinjenje polova, sjedinjenje neba i zemlje. U afričkoj umetnosti je brojna upotreba krsta sa mnogim značenjima: četiri strane sveta, celokupnost svemira, sunce i njegova putanja, raskršće života i smrti. Kod starih Meksikanaca krst je simbol sveukupnosti sveta i oko njega se okuplja široka simbolička paleta kakvu srećemo i kod drugih kultura.

Savremena komunikacija poznaje krst kao simbol hrišćanske vere, crveni krst kao simbol međunarodne humanitarne organizacije, znak plus u matematici itd. Pri tome se može govoriti o dominantnoj ulozi simbola hrišćanske vere kod prepoznavanja krsta kao simbola pogotovo u zapadnoj civilizaciji. Ovaj fenomen je direktno vezan za ulogu crkve u društvu tokom istorije i načina njene komunikacije sa okolinom. Naime, u vreme kada su proganjani hrišćani su koristili mimikrijske oblike krsta kao znaka međusobnog raspoznavanja (sl. 5).



Sl. 5 Istorijски oblici: latinski krst, krst sv. Andrije, Grčki krst, krst botonné, krst sv. Petra, krst sv. Antonija, krst patée, Malteški krst, krst pommelý

Kasnije, kada je hrišćanstvo prihvaćeno i njegova crkva postaje zvanična, krst ulazi u upotrebu kao simbol komunikacije sa celokupnom društvenom okolinom. U tom momentu se njegova upotreba suštinski menja: to više nije znak za međusobnu komunikaciju pripadnika jedne organizacije već postaje simbol koji nosi čitav niz poruka i drugim pripadnicima društva. Pod ovim simbolom su vođeni mnogi ratovi, spaljivani napredni i drugačije misleći ljudi, pljačkane i rušene daleke zemlje i drugačije kulture. Pod ovim simbolom su građeni velelepni objekti na kojima su postizani najveći dometi arhitekture, u kojima su nastajala remek dela likovne umetnosti (sl. 6).

Tako je krst potvrđivao svoju prirodu, svoje značenje, korišćen kao vizuelni oblik komunikacije za plasiranje jedne ideje, jednog učenja i shvatanja sveta; na kraju, jedne organizacije koja je imala za cilj da osvoji i dominira svim prostorima čovekovim. Način na koji je krst korišćen možemo slobodno označiti kao jedinstveni primer uspešne vizulene komunikacije koja se ostvaruje sa ciljnom grupom radi postizanja unapred određenog cilja. To nije ništa drugo do preteča moder nih oblika komunikacije koje se zasnivaju na istim postulatima. Poređenje se odnosi na krst kao simbol hrišćanske crkve, ali i na kukasti krst (svastiku, krst filfot) koji je posebno zanimljiv zbog onoga što mu se

tokom istorije događa.

Sl. 6 Manastir Gračanica



2.3.1.1. Kukasti krst

Kukasti krst je praistorijski simbol rasprostranjen u svim delovima sveta osim nekih delova Afrike i Sumera. Nalazimo ga u prearijevskoj civilizaciji u dolini Inda, kod džaina, budista i poklonika Višne, javlja se u prekolumbijskoj Severnoj i Južnoj Americi, kod Hetita, na Kipru i u Troji, u prehršćanskoj Evropi (Švedska oko 1000. g. pre n.e.), na japanskoj statui Bude (oko 760 g. pre n.e.). Povezuje se sa krilatim kolutom koji ima isto značenje pa se zato međusobno isključuju. Preovlađuje mišljenje da pretstavlja simbol sunca iz čega se izvode različite varijacije i veze sa bogovima sunca, točkom života, solarnom moći i sličnim značenjima koja se povezuju sa izvorom života. Tako u budističkoj tradiciji pretstavlja pečat Budinog srca, kolo postojanja; u džainskoj tradiciji božansku silu, tvorca neba i zemlje; u Grčkoj je atribut Zeusa kao boga neba i Helija kao solarnog; u Indusa poreklo reči svastika je „dobro je, što je život, kretanje, zadovoljnost, dobra sreća (sl. 7).



Sl. 7 Kukasti krst koji oblikuju likovi četiri žene, Sumer, 5000 god. pre n.e.

Dalje navodimo još neka značenja u različitim tradicijama. Hrišćanska: označava Hrista kao svetsku moć. Indijanska: dobra sreća, plodnost, kiša. Islamska: četiri glavna pravca i upravu nad godišnjim dobima. Japanska: srce Budino, dobra sreća, dobre želje. Keltska: dobra kob. Kineska: „Nagomilavanje srećnih znakova deset hiljada efikasnosti. Rani oblik ideograma fang koji je naznačavao četiri strane u prostoru i kraja zemlje, neograničeno obnavljanje života, neprestanost, blagoslov, dobar predznak.

Plavi kukasti krst označava beskonačne nebesne vrline, crveni beskonačne svete vrline srca Budinog; žuti beskonačan napredak; zeleni beskonačne vrline u ratarstvu. Skandinavski i tevtonski: bojna sekira ili čekić Tora kao boga vazduha, grmljavine i munje, dobra kob.

Pozitivno značenje kukastog krsta očuvalo se tokom vremena u svim kulturama gde je korišćen. Nagla promena je nastupila kada su nacionalsocijalisti odlučili da ga usvoje kao svoj simbol. Tada je dobio sasvim drugačije značenje. Za pripadnike i simpatizere fašističke ideologije bio je znak arijevske rase, znak moći i uzvišenosti. Za stradalnike svetske kataklizme koja je nastupila bio je znak rata, zla, rušenja i smrti. Opet se razdelilo čitanje jednog univerzalnog simbola kao posledica odnosa u ljudskom društvu. Dogodilo se nešto slično kao sa hrišćanskim krstom u vreme krstaških ratova. Ali ta podela još uvek traje, s tim da preovlađuje negativno značenje. Ovde se nećemo baviti odnosom prema kukastom krstu u zemljama gde je čvrsta tradicija odnosa prema pobjedi u Drugom svetskom ratu, već samo sa nekim novijim pojavama koje se upravo u njih dešavaju. Zanimljivo je da „nacionalpatriotske stranke na previrućoj političkoj sceni u Rusiji obilato koriste kukasti krst kao tradicionalni ruski simbol sa tumačenjem njegovih izvornih značenja (vatreni točak, sunce, vatra života i sl). Očigledno je da su ti krugovi u Rusiji „prevazišli negativni stav prema kukastom krstu i prisvojili različite oblike ovog simbola .

2.3.2. Pentagram

Među tradicionalnim simbolima pentagram se ističe kao fenomen dugoročnog oblika komunikacije. Njegova pojava i upotreba je slična kao kod krsta i pokazuje koliko je univerzalnost tradicionalnih simbola uslovljena njihovim elementarnim značenjem.

Pentagram se javlja u dva oblika: kao petougao i kao zvezda (deset uglova). Simbolika mu je mnogostruka, ali se uvek temelji na broju pet koji izražava jedinstvo nejednakih delova broja 3, koji označava muški princip, i broja 2 koji označava ženski.¹¹ Pet je simbolički broj čoveka koji ispruženih ruku i nogu obrazuje petougao i sa krugom ima zajedničku simboliku savršenstva i moći (sl. 8). Pet je kružan broj jer se pri stepenovanju samoproizvodi u poslednjoj brojci. Poput kruga pentakulum simbolizuje celinu, a kvinkunks je broj središta i susretište neba i zemlje, te četiri strane sveta plus središte. Simbolizuje i meditaciju, religiju, pokretačku snagu, mnogostranost i pet čula. Pet krakova označavaju duh, vazduh, vatru, vodu i zemlju.¹²

¹¹ Matila Gika: Filozofija i mistika broja, Književna zajednica Novog Sada, 1987, str. 13

¹² Dž. K. Kuper: Ilustrovana enciklopedija tradicionalnih simbola, Prosveta-Nolit, Beograd, 1986, str. 126



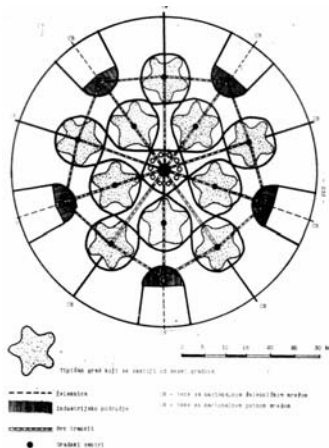
Sl. 8 Pentagon, štab američke vojske

Petolatični cvetovi i petokraki listovi, npr. ruža, ljiljan, vinova loza, predstavljaju mikrokosmos. Petokraka zvezda, poput pentagrama, prikazuje integralnu individualnost, a takođe predstavlja duhovno stremljenje i obrazovanje kada je okrenuta naviše; okrenuta naniže je simbol veštičluka i crne magije. Pitagorejcima služi kao znak raspoznavanja članova istoga društva. Pentagram je jedan od ključeva koji otvaraju put do tajne.

Pentagram znači i brak, sreću i lično ispunjenje. Nekada se smatrao simbolom savršene ideje. Prema Paracelsusu pentagram je jedan od najmoćnijih znakova. Likove pentagrama upotrebljavali su čarobnjaci za prakticiranje svoje moći. Bilo je pentagrama ljubavi, uroka itd. Ako pentagram nije petougao, nego petokraka zvezda, u masonskoj se predaji naziva Plamenom zvezdom. Kod Egipćana je ona (plamena zvezda) bila slika Izidina i sina Sunca, tvorca godišnjih doba, te amblem kretanja; slika onog Horusa, simbol pramaterije, nepresušnog izvora života, slika iskre svete vatre koja je univerzalno seme svih bića. Za masone ona je amblem Genija koji dušu uzdiže do velikih stvari. Pentagram se nazivao i ugela; boginja Higija bila je boginja zdravlja; svako se od slova koja čine tu reč postavljalo na jedan vrh pentagrama. Kod hrišćana označava pet rana Isusovih i često se nalazi u ornamentici crkava. Savremena upotreba pentagrama odvija se po scenariju koji očigledno važi za sve tradicionalne simbole: usvaja se upravo zbog svojeg tradicionalnog značenja kao simbol organizacije, ideološkog pokreta, političkih stranaka i drugih organizacija, sve do državnog znamenja (grbova i zastava).

Petokraka zvezdada u crvenoj boji je tako simbol komunističkog pokreta i svih oblika društvenog organizovanja koji su vezani za ovu ideologiju. Istovremeno se u beloj ili plavoj boji koristi kao jedan od simbola SAD. Na taj način je potisnuto tradicionalno značenje pentagrama i naglašena opšta predstava o ovom simbolu u dvoznačnoj upotrebi kao simbol sukobljenih strana.

Zahvaljujući pogodnom geometrijskom obliku i opštem značenju, pentagram se često koristi kao zahvalan oblik za prikazivanje ideja o razvoju grada (sl. 9). Tako se ponovo potvrđuju svi kvaliteti ovog tradicionalnog simbola.



Sl. 9 Razvoj modernog grada, dijagram prikazan u obliku pentagrama

2.3.3. Heksagram

Heksagram je jedan od najuniverzalnijih simbola sastavljen od dva istostranična trougla postavljenih jedan preko drugoga čineći šestokraku zvezdu. U Indiji se šestokraka zvezda poznaje pod imenom Yantra; u Jevreja, hrišćana i muslimana pod imenom Salomonov pečat. Nalazimo ga i u srednjoameričkih civilizacija. Opšte značenje ovoga simbola temelji se na prodiranju jednog trojnog sklopa u drugi po čemu se gradi jedinstvo s uprotnosti, jedinstvo ličnog i prolaznog sveta, sjedinjenje duše sa bogom što je težnja svih religija.

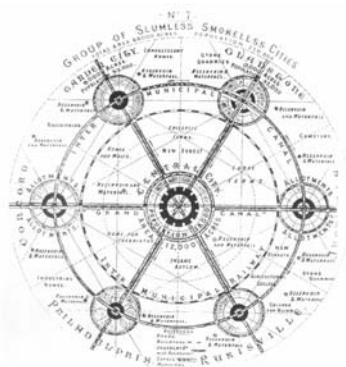
U kineskoj Knjizi mena (Yi Jing) heksagrami su likovi sastavljeni od šest crtica koje su neisprekidane (—) ili isprekidane (- -) i predočuju dao, opšte načelo poretka. Neisprekidane linije u heksagramu simbolizuju sunce, toplu, akciju, muški element, neparni broj, yang. Svaka isprekidana linija predočuje suprotno, hladno, pasivnost, ženski element, parni broj, yin.

Dao predstavlja stanje koje se postiže uravnoteženjem yin i yanga mutacijom elemenata koji sastavljaju heksagram i koji pokazuje elemente jednog poimanja sveta, logičke klasifikacije stvari i načina pronicanja u njihovu bit. Stari su Kinezi tvrdili da, poznavajući Yi Jing i neprestano ga produbljujući mogu otkriti tajnu bića i stvari, predskazati njihovo ponašanje i donekle njima upravljati. Kombinovanjem šest crta heksagrama mogu se sastaviti 64 različita heksagrama, a kombinovanjem triju crta može se dobiti samo osam trigrama koji su se izjednačavali s osam vetrova i bili tako raspoređeni da su formirali ružu vetrova s osam smerova.

Salomonov pečat u svojem značenju sadrži četiri elementa: trougao s vrhom prema gore predstavlja vatru, trougao s oborenim vrhom vodu, trougao vatre okrnjen osnovicom trougla vode označuje vazduh, nasuprot tome, trougao vode okrnjen osnovicom trougla vatre odgovara zemlji. Sve to ujedinjeno u šestouglu predstavlja sveukupnost elemenata univerzuma. Salomonov pečat obuhvata sedam osnovnih metala i sedam planeta u

kojima je sažeta sveukupnost neba: u središtu su zlato i Sunce, na gornjem vrhu srebro i Mesec, na donjem olovo i Saturn, na gornjem desnom vrhu bakar i Venera, na donjem živa i Merkur, na gornjem levom vrhu je željezo i Mars, a na donjem kalaj i Jupiter.

Savremena predstava o heksagramu dominantno je pod uticajem zapadne civilizacije i vezuje se za Jevreje i njihovu sudbinu tokom istorije. Ovo je još jače potencirano formiranjem države Izrael i usvajanjem heksagrama kao znamenja, simbola na grbu i zastavi. Time je sudbina i ovoga tradicionalnoga simbola zapečaćena u značenju vezanom za samo jedan manji deo ljudske kulture, jer se njegovo pojavljivanje po učestalosti, prostornoj i vremenskoj raspodeli preovlađujuće vezuje za ovo značenje. To je uslovljeno dominacijom jedne vrste komunikacije nad drugom.



Sl. 10 Dijagram „vrtnog grada” E. Howarda, 1898. god.

Opšte značenje ovoga simbola predstavlja osnovu za primenu u različitim situacijama kada je potrebno prikazati ili objasniti određenu pojavu. Tako je Ebenzer Howard iskoristio oblik heksagrama da prikaže svoj „vrtni grad” (Garden City) u obliku šematskog dijagrama. Forma i značenje heksagrama odgovarali su ideji pomirenja grada i sela, povezivanju njihovih vrednosti, uspostavljanju ravnoteže koju ova geometrijska forma najbolje simbolizuje (sl. 10).¹³ Tako je uspešnost jednog učenja o razvoju gradova pomognuta značenjem ovog tradicionalnog simbola u jednoj, na prvi pogled, mimikrijskoj upotrebi.

2.3.4. Ostali tradicionalni simboli

Iz riznice tradicionalnih simbola mogli smo odabrati mnoštvo simbola koji na isti ili sličan način povezuju različite prostorne, vremenske i kulturne pojave. Govoriti o biljkama, boji, brojevima, životinjama i drugim simbolima bilo bi samo filigransko nepotrebno širenje teme. Jasno je da su tradicionalni simboli deo jednog sistema komunikacije koji se gradi evrsto povezan sa aktuelnim okruženjem i kao veza sa nekim prethodnim. Može se učiniti da je to jedan paralelan svet koji postoji kao težnja da se suprotstavimo entropiji univerzuma, ali i entropiji društva. Kao da se uspostavlja jedan red koji treba da traje neovisno od trenutnih mena. Kako je nama cilj da pokažemo zakonomernosti nastanka i upotrebe simbola, obraćamo se upravo grupi koja je najstarija

¹³ Ranko Radović: Forma grada, Orion art, Beograd, Stylos, Novi Sad, 2003, str. 52

i najdugovečnija po upotrebi i značenju. Krst, pentagram i heksagram su dovoljni da uspostavimo vezu sa savremenim znacima i procesima njihove upotrebe. Dovoljni su da se njihovim primerom pokažu putevi koji su doveli do pojave savremenih znakova u marketing komuniciranju u današnjem svetu.

Pri tome moramo imati na umu da postojanje tradicionalnih simbola nije ograničeno samo na mnogobrojne jednoznačne pojave: jedan pojam jedan znak. Tu su i vrlo složene slike sastavljene od niza pojedinačnih elemenata, priče, legende i mitovi koji su i sami znak. Ove slike se često predstavljaju u istoriji kao umetnička dela. Pitanje je da li je mesto pećinskim slikama od pre 30.000 i više godine baš na prvim stranicama istorije umetnosti (sl. 11). Koja je potreba pećinskog stanovnika da se u tako neuslovnoj situaciji lati slikanja u mračnim vilajetima svoje nastambe. Samo neka apstraktna potreba za umetničkim stvaralaštvom ili nešto drugo.



Sl. 11 Detalj pećinske slike (Altamira)

Ako prihvatimo tvrdnju da je to pokušaj fiksiranja određene poželjne životne situacije radi obezbeđenja elementarnih potreba za održanje sopstvenog života, onda ćemo videti da je umetnički poriv njemu bio nepoznat ili sporedan. To je komunikacija sa okolinom, sa nepoznatim silama koje vladaju prirodom i koje na takav način treba obuzdati ili pak privoleti da mu budu naklonjene.



Sl. 12 Aboridžin slika znakove, oposumov totem

Ista situacija se događa Aboridžinu koji ostavlja svoje znakove na steni (sl. 12). Razmak od desetina hiljada godina ništa ne znači za moguću promenu smisla ovakvog oblika vizuelne komunikacije. Kao da su na istom nivou i ignorišu civilizacijska dostignuća ljudskog društva sa kojim kao da nemaju direktne veze.

Moguće je da se tokom istorije samo obogatio arsenal saznanja i veština, da je spoznaja postala bogatija i složenija, te je stoga razvijena moćnija mašinerija kojom ljudi ostvaruju iste ciljeve ili ciljeve slične po načinu kako se oni postižu. Ali postoji osnovana sumnja da je tadašnji čovek imao više i složenije potrebe nego samo biološke. To se može skoro sa sigurnošću potvrditi najnovijim nalazima da se u genetskoj strukturi ništa nije promenilo za toliko mnogo vremena. Biološka podloga koja određuje sposobnosti i mogućnosti je istovetna, s tim da se dogodila civilizacija u kojoj se spoznaja o prirodnim silama izgradila u veliku knjigu značenja.

2.4. Znakovi opšte komunikacije

Kao drugu veliku grupu možemo označiti znakove koji služe opštoj komunikaciji: pismo, brojevi, formule u matematici, hemiji i fizici, saobraćajni znaci, znakovi za obaveštavanje i upozoravanje, muzički znakovi... Osnovna im je karakteristika da je njihovo značenje dogovoreno i da oni decidirano imaju samo jednu, vrlo precizno određenu ulogu: da zamenjuju nesumnjivo jasan sadržaj. Podsetimo se znaka A koji stoji umesto samo jednog glasa, broja 1 koji stoji umesto jednog nečega, piktograma sa slikom telefona koji obaveštava gde je govornica, saobraćajnog znaka za zabranu saobraćaja koji stoji kao upozorenje sa jasnom zabranom kretanja u tom smeru itd.

Ljudsko pismo je, svakako, među njima najznačajnija grupa. Ono je vizuelna zamena za govor tako da predstavlja potpuno određen i standardizovan sistem znakova koji zamenjuju određene glasove. Pismo je tokom razvoja pretrpelo različite promene a one su vodile do visokog nivoa apstrakcije. Na taj način je postignuta jedno- stavnost koja omogućava brzu upotrebu: pisanje, štampanje, čitanje, pamćenje. Danas ljudska civilizacija koristi oko 6000 jezika i 1000 pisama. Pored tolikog broja pisama može se govoriti o postojanju tri glavne grupe: azijska (kinesko, japansko i dr.), orijentalna (arapsko, hebrejsko) i alfabet (grčko, latinično i ćirilčno).

Dominacija moderne zapadne kulture i tehnologije (pogotovo) omogućuje da latinično pismo preovlađuje u ljudskoj komunikaciji. Uvođenje posebnog sistema znakova za brojeve (arapski i rimski) omogućilo je nastanak specifičnog pisma za pojedine naučne oblasti (matematika, hemija, fizika).

Pored pisma razvijeni su mnogi sistemi znakova koji se koriste u vizuelnoj komunikaciji u različitim područjima: saobraćaju, proizvodnim procesima, različitim ustanovama, školama, tržišnim centrima i sl. Ovi sistemi služe da bi se dala određena uputstva o lokaciji nekih stvari i događaja ili načinu kretanja, da bi se izdala naredba za ponašanje u nekom ambijentu ili da bi se prenele neke druge informacije potrebne za snalaženje u prostoru i efikasno obavljanje određenih poslova.

2.5. Znakovi identiteta

Treća grupa znakova predstavlja simbole koji označavaju firme, kulturne, sportske, političke, verske i slične organizacije, državne grbove i zastave, porodične grbove. Njihov sadržaj je mnogo složeniji i kompleksniji jer iskazuju sliku (image) o nekome ili nečemu, sliku koja se gradi i koristi u vezi sa onim što predstavlja. Nastali su kao smišljeni i svesno oblikovani simboli koji služe za označavanje i prepoznavanje onoga umesto čega stoje. Znakovi identiteta se mogu razvrstati u više podgrupa zavisno od načina nastanka i oblasti kojoj pripadaju. Među njima nalazimo znakove koji po svojoj prirodi i elementima koji ih grade pripadaju i među tradicionalne simbole ali, po načinu upotrebe spadaju u savremene oblike komunikacije.

2.5.1. Grbovi

Najstariji među zakovima identiteta su svakako heraldički znaci (grbovi, zastave) koje po tome možemo svrstati i među tradicionalne znakove. U Evropi se grbovi javljaju u 11. veku, posle I. krstaškog rata kada su ih ratnici doneli na svojim štitovima. Oni služe za označavanje feudalaca tako da vremenom postaju njihovi stalni simboli i kasnije se pravom nasleđa prenose na potomke. Heraldika kao grana nauke koja izučava grbove vodi poreklo od nemačke reči Herold koja je označavala nižeg službenika i glasnika feudalaca, dobrog poznavaoa grbova plemstva, koji je bio zadužen za raspoređivanje i najavljuvanje plemića na sastancima i turnirima.¹⁴ Do početka 13. veka pravo na nošenje grbova su imali vladari i plemstvo. Kasnije počinju isticati grbove pojedini gradovi, trgovišta i opštine, crkvene vlasti, a krajem 13. veka i pojedini građani i korporacije. Jačanjem centralne vlasti vladar ima isključivo pravo dodeljivanja grbova. To čini posebnom poveljom (armal) kojom se dodeljuje plemstvo i u kojoj je opisan i naslikan grb. Vladari su, takođe, dodeljivali grbove gradovima, trgovištima, upravnim jedinicama, čak i prosvetnim ustanovama.

Danas grbove, pored zastava, koriste i države. Tokom upotrebe grbova nastala su stroga pravila komponovanja i izvođenja grbova. Glavni deo grba je štit, dok su ostali delovi: kaciga, plaštev, nakit ili ukras, znakovi čina i dostojanstva (heraldički likovi koji su postavljeni nad štitom pa su obavezni delovi grba), čuvari grba, zastori, redovi, gesla i bojni povici, zastave (likovi koji okružuju grb i nisu bitni delovi).

Oblici štitova su različiti dok se likovi na štitu, nakitu i plaštevima redovno boje crveno, plavo, zeleno, crno, zlatno (žuto) i srebrno (belo). Likovi u štitu mogu biti geometrijske podele i prirodni likovi (živi likovi, elementi i nebeske pojave, mitološka bića, veštački likovi). Likovi koji se upotrebljavaju u grbovima su raznoliki tradicionalni simboli koji ovako ukomponovani u grb svojim opštim značenjem pojačavaju ukupnu predstavu koju grb u celini gradi. Sve do XVI veka strogo su se primenjivala heraldička pravila pri oblikovanju grbova. Kasnije se oseća uticaj stilova u likovnoj umetnosti i grbovi postaju bogatiji, složenije i slobodnije forme.

Česta je upotreba grbova kao reljefnih aplikacija na fasadama kuća (sl. 13). Zanimljivo je da se u Nemačkoj javljaju kućni znakovi koje koriste seljaci i trgovci za označavanje

¹⁴ Bartol Zmajić: Heraldika, Školska knjiga, Zagreb, 1971, str. 11

poseda,¹⁵ kuća i svoje robe. Tokom 16. veka kućni znaci primenom heraldičkih pravila postaju stalni grbovi utvrđujući njihovu dalju primenu. Nisu to prvi primeri obeležavanja proizvoda, jer se na grnčarijama Kritsko–Mikenske kulture nalaze oznake koje služe za identifikaciju majstora koji je dotični predmet izradio. Graditelji su, takođe, koristili svoje znakove za obeležavanje objekata koje su sagradili. Upotrebu ovakvih znakova možemo slobodno nazvati pretečama upotrebe znakova za komunikaciju proizvođača sa potrošačima. Tako vidimo da se u dve odvojene sfere života koristi istovetna vrsta komunikacije znakovima. Svako je to činio iz svojih pobuda da se predstavi okolini na željeni način.

Sl. 13 Porodični grb na fasadi



2.5.2. Moderni znakovi identiteta

Prave preteče modernog tržišnog komuniciranja jesu upravo kućni znaci i njihova primena za označavanje robe. U početku je označavanje služilo samo za identifikaciju lokacije pojedinih zanatlija i trgovaca. Tako su iznad prostora gde se vršila neka zanatska aktivnost nalazila odgovarajuća oznaka koja je upućivala kupce da se tu nalazi pekar, obućar, kovač, gostiona i sl (sl. 14).



Sl. 14 Cegeri vinskih kuća, srednja Nemačka, XVII vek

Širenje tržišta i pojava masovne industrijske proizvodnje iziskivalo je drugačiji oblik komunikacije. Javila se potreba za izgradnjom jedne opšte pozitivne predstave o korporaciji (image) i njenog odvajanja od konkurencije složenijim porukama i u vizuelnom smislu. Pored informacija o vrsti proizvoda ili usluga ovako formirani znakovi nose i oznake identifikacije samog proizvođača pri čemu vezuju sve ostale predstave koje postoje u javnosti. U početku su to grbovi sa svim elementima izrađenim u duhu heraldičkih pravila da bi kasnije bili transformisani po zahtevima savremenih

¹⁵ Rudolf Koh: Knjiga znakova, Stylos, Novi Sad, 2000, str. 80

tehnika i tehnologija umnožavanja, kao i dominantnih likovnih stilova. Na primerima Westinghousa i Pelikana vidimo kako je vršena transformacija tokom vremena sa transformacijama koje se vrše pod uticajem spoljnih faktora u društvenom okruženju (sl. 15). Ove transformacije se događaju retko u relativno dugim vremenskim razmacima i upućuju na potrebu za jednim stalnim oblikom znaka i njegovom standardnom upotrebom. Zato je uspostavljen skup pravila po kojima se oblikuju i upotrebljavaju znakovi.

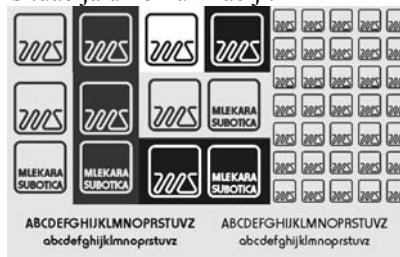


Sl. 15 Transformacija znakova tokom vremena, Pelika i Westinghouse

Već smo videli da subjekti koji komuniciraju sa javnošću (bilo to potrošači na tržištu, pripadnici političkih, verskih ili drugih organizacija) kao osnovni i dugoročni cilj postavljaju postizanje pozitivne predstave o sebi (imidž). Pri uspostavljanju imidža odvija se proces povezivanja niza pojedinačnih informacija o subjektu u jedinstvenu celinu. Da bi se proces identifikacije uspešno odvijao potrebno je tu jedinstvenu sliku (predstavu) poimati tako da se ona čvrsto oslanja uz subjekta (preduzeće, organizaciju). To znači da se identifikuje uz njegovo ime. Obzirom da se komunikacija obavlja različitim kanalima i putem medija koji imaju svoje posebne karakteristike, subjekt se predstavlja na odgovarajući način u svakom pojedinom slučaju komunikacije. Jednostavno bi bilo kada bi komunikacija bila ograničena samo na lingvistički oblik komunikacije. Tada bi dovoljno bilo izgovoriti ili napisati ime subjekta.

Međutim, komunikacija se odvija putem vizuelnih medija u većini slučajeva. To implicira upotrebu odgovarajućih znakova specifičnih za subjekta, oblikovanih tako da jasno predstavljaju njega i sve što se uz njega vezuje, pri čemu se postiže različitost u odnosu na druge konkurente u procesu komunikacije.

Tako je nastao sistem vizuelnog identiteta koji se sastoji iz sledećih elemenata: ime, znak, kućno pismo, kućne boje i maskota (sl. 16). Svaki od ovih elemenata je posebno oblikovan tako da se međusobnim povezivanjem dobija celina koja uspešno može da odgovori izazovima različitih situacija u komunikaciji.



Sl. 16 Vizuelni identitet „Mlekara” Subotica (I. Hegediš, 1979.)

U tržišnom komuniciranju koristi se čitav niz sredstava propagande koji predstavljaju istovremeno znak po sebi, nosioce osnovnih znakova i prenosnike (medije) kao fizičke strukture koje se javljaju u prostoru i/ili vremenu, a prenose ili nose poruku. Sredstva možemo odrediti kao audio, vizuelna i audiovizuelna: oglas, poslovno pismo, omotnica, poslovna karta, garantna pisma, propagandna pisma, dopisna karta, letak, prospekt, katalog, brošure, revije, plakat, propagandni filmovi.

Prenosnici su: novine, nedeljnici, časopisi i ostale publikacije, televizija, radio, kompjuterske mreže, mobilna telefonija, razglas, poštanske pošiljke, sajmovi i izložbe, displeji i svetleće reklame.

Već iz samog grupisanja se vidi da pojedina sredstva istovremeno predstavljaju i medije, a mediji obrnuto mogu biti sredstva. Ovde nećemo ulaziti u dublju analizu sadržaja i načina oblikovanja sredstava propagande i planiranja korišćenja posrednika jer to prelazi okvire postavljene teme.

ZAKLJUČAK

Gledajući na grad kao prostor komunikacije mogli smo sagledati sve aspekte pojave znakova i njihovog uticaja na urbani prostor. Jasno je pokazano da je znak kao nosioc komunikacije postojao u ljudskom društvu pre pojave grada, ali je svoj puni značaj dobio tek sa pojavom velike koncentracije ljudi i njihovih aktivnosti u urbanom prostoru. Tako se uticaj znakova odrazio na fizičku strukturu grada, njegove funkcije i odnose njegovih stanovnika.

Kako je urbani prostor promenljiv, dinamični sistem, tako se pojava dominacije pojedinih vrsta znakova kao materijalnog izraza poruka smenjivala sa drugim vrstama. Ova dominacija je odražavala društvene odnose, izražavala trenutno preovlađujuće grupne potrebe i vrednosti. Potisnuti setovi znakova se zadržavaju u vremenskim slojevima grada čineći sadržaje istorijskog pamćenja, pokazujući vremensku dimenziju, trajanje urbanog prostora.

Kroz primere tradicionalnih znakova, njihovu upotrebu, transformacije i prisvajanje vidi se da je komunikacijski proces jedinstvena pojava u urbanom prostoru. Pojava marketing znakova u tom prostoru rezultat je promena u društveno-ekonomskim odnosima koji se razvijao u jednom dugom istorijskom periodu. Ovaj vid komunikacije predstavlja aktuelni preovlađujući set znakova u savremenom urbanom prostoru. Njegov uticaj se manifestuje u različitim stepenima osvajanja fizičkih struktura grada, od uklapanja u istorijske slojeve do apsolutne dominacije. Uticaj se odražava na arhitekturu, urbanu opremu i celokupni urbanitet grada.

Sagledavajući ukupne kvalitete urbanog prostora za ostvarivanje čovekovih ciljeva, preko modela realnog i mogućeg grada, možemo predvideti da će se težnja za postizanjem harmonije, za skladnim odnosom svih vrsta znakovnih procesa odraziti na proces marketing komuniciranja kroz njegovo skladno uklapanje u opšti komunikacioni sistem grada. To neće biti pobjeda želje za idiličnom slikom ili matricama prošlih vremena, već postizanje jedne dinamične ravnoteže fizičke manifestacije u prostoru.

Postizanje ove ravnoteže može omogućiti povratak arhitektonskog znaka u njegovom punom izrazu, može značiti eliminaciju haotične kič slike grada u prostor koji će nuditi ugodne uslove za postizanje široke lepeze želja, za zadovoljenje raznovrsnih potreba.

Literatura

- [1]. F Walter J. Diethelm: Signet, Signal, Symbol, ABC Verlag, Zürich, 1972
- [2]. Čarls Moris: Osnove teorije o znacima, BIGZ, Beograd, 1975
- [3]. Eco Umberto: A Theory of Semiotics, Bloomington, Indiana University Press/London, Macmillan, 1976
- [4]. Voloshinov Valentin: Marxism and the Philosophy of Language, Seminar Press, New York, 1973
- [5]. Hodge Robert & Gunther Kress: Social Semiotics Polity, Cambridge, 1988
- [6]. de Lauretis Teresa: Alice Doesn't: Feminism, Semiotics, Cinema, Macmillan, London, 1984
- [7]. Pjer Giro: Semiologija, Nolit, Beograd, 1970
- [8]. Daniel Chandler: Semiotics for Beginners, University of Wales, 2000
- [9]. J. Chevalier, A. Gheerbrant: Rječnik simbola, Nakladni zavod MH, Zagreb, 1983
- [10]. Matila Gika: Filozofija i mistika broja, Književna zajednica Novog Sada, 1987
- [11]. Dž. K. Kuper: Ilustrovana enciklopedija tradicionalnih simbola, Prosveta-Nolit, Beograd, 1986
- [12]. Ranko Radović: Forma grada, Orion art, Beograd, Stylos, Novi Sad, 2003
- [13]. Bartol Zmajić: Heraldika, Školska knjiga, Zagreb, 1971
- [14]. Rudolf Koh: Knjiga znakova, Stylos, Novi Sad, 2000

SIGNS AND URBAN SPACE

Summary: *In the town people communicate among themselves, a person communicates with a group and the citizens with the urban surroundings on the whole.*

This communication is achieved by means of signs.

Communication can be determined as an indirect interaction among individuals, achieved by symbols. The process consists of emitting signs in one way or in both ways.

In the great variety of signs traditionally used in various cultures from the beginning of the civilization are outstanding, due to own lasting and wide extent.

Another big group consists of signs used in the general communication: letters, numbers, mathematical, chemical and physical formulas, traffic signs, musical signs... Their basic characteristics are that they stand for an undoubtedly clear content.

The third group of signs represent symbols of firms, cultural, sports, political, religious and other organizations, state and family coats of arms and flags. Signs of marketing communication belong to this group.

By way of traditional signs, their usage, transformation and adoption we have shown that the process of communication is a unique occurrence in an urban space. The appearance of marketing signs in that space is the result of changes of social-economic relations being developed in a very long historic period. This way of communication represent an actual prevailing set of signs in a contemporary urban space. Its influence is manifested in various stages of dominating the physical structure of the town, from fitting in the historic layers to an absolute domination. Its influence is reflected on the architecture, urban equipment and the entire town planning.

ANALIZA GRADSKOG TRGA U RAZLIČITIM PRAVCIMA URBANOG DIZAJNA

Milica Maksić¹

UDK: 711.61

Rezime: U radu se razmatra uloga urbanog dizajna danas. Kroz studiju slučaja gradskog trga, ispitaće se i uporediti karakteristike tri pravca urbanog dizajna.

Ključne reči: urbani dizajn, gradski trg, transformativna urbana morfologija, svakodnevni urbanizam, generički urbanizam

1. UVOD

Shvatanje i planiranje gradova proizilazi danas iz sveukupnih socijalnih, ekonomskih, geografskih, prirodnih, političkih uslova. Umesto jednostranog pristupa po kome je gradska forma tema urbanizma, razvilo se sveukupno, kompleksno planiranje koje proučava zakonitosti i uticaje pod kojima takva forma nastaje.

Pri tome se javio problem redefinisavanja uloge urbanog dizajna. Od urbanog dizajna koji se bavi isključivo fizičkom strukturom, javljaju se definicije koje urbani dizajn približavaju planiranju. Postavlja se pitanje gde se danas urbani dizajn nalazi, bliže arhitekturi ili bliže planiranju, da li je samostalna disciplina ili je veza više disciplina, da li direktno ili indirektno utiče na okruženje.

U poslednje vreme u urbanizmu se iskristalisalo više pravaca. U ovom radu će biti analizirana tri pravca: transformativna urbana morfologija, generički urbanizam i svakodnevni urbanizam. Oni nisu jedini, ali pokrivaju najveći deo današnje teorijske i profesionalne aktivnosti u arhitekturi i urbanizmu.

Najpre će biti date karakteristike svakog od ovih pravaca i oni biti međusobno upoređeni. Zatim će biti analiziran gradski trg kroz sva tri pravca. Gradski trg je uzet za analizu jer je poznat svakom od ovih pravaca urbanizma, a u isto vreme svaki od ovih pravaca ga posmatra na drugačiji način, u skladu sa teorijskim pretpostavkama koje je definisao. Ovde se kroz gradski trg kao javni prostor postavlja još jedno pitanje: šta se dešava sa javnim domenom, jednim od osnovnih pojmova urbanizma, zašto se on u nekim pravcima urbanog dizajna negira ili transformiše do neprepoznavanja.

2. URBANI DIZAJN

2.1 SAMOSTALNA DISCIPLINA ILI VEZA VIŠE DISCIPLINA?

Postoje različite definicije urbanog dizajna. Jedne polaze od toga da je urbani dizajn samostalna disciplina, dok druge da je veza između različitih disciplina.

¹ Milica Maksić, d.i.a., stipendista Ministarstva nauke i zaštite životne sredine, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, Aleksandra Medvedeva 14, tel: 064 253 98 39, e-mail: maxici@ptt.yu; rad rađen u okviru poslediplomskih studija na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na smeru Urb. planiranje, dizajn i menadžment, predmet: Urbani dizajn, mentor: prof. dr Dragana Bazik

Najpopularnija definicija je da je urbani dizajn veza između urbanističkog planiranja i arhitekture (Arida, 2002, 105). Varkki smatra da urbani dizajn treba definisati kao most između urbanističkog planiranja i arhitekture, a ne kao presek ovih dvaju polja, jer se urbani dizajn preklapa sa njima, a oni se međusobno ne preklapaju (Varrki, 7). Prema Aridi urbani dizajn je istovremeno i multidisciplinarna aktivnost, jer osim planiranja i arhitekture i druge discipline igraju važnu ulogu u proučavanju i/ili stvaranju (Arida, 2002,105).

2.2. PROCES ILI PRODUKT?

Varkki smatra da su uspješnije one definicije urbanog dizajna koje se fokusiraju na sredstvima postizanja rezultata umesto samo na rezultatu, na procesu umesto produktu, na proceduri umesto sadržaju (Varkki, 2). Sa ovim se slaže i Stein koji kaže da se treba fokusirati na proces urbanog dizajna, a ne samo na njegove produkte (Stein, 2001, 1-2).

2.3. DIREKTNI ILI INDIREKTNI DIZAJN?

Barnett smatra da je savremeni urbani dizajn posredni dizajn, da je urbani dizajner samo indirektno odgovoran za stvaranje izgrađenih formi i prostora između njih. Za razliku od drugih vrsta projekata koji imaju direktan odnos sa objektom koji projektuju, urbani dizajneri uglavnom su uključeni u stvaranje okruženja odluka (Barnett, 1982; citirao Varkki, 2). I Varrki se slaže da je urbani dizajn indirektni dizajn (Varkki, 4). On kaže da projekti direktnog dizajna uključuju faktore koji su relativno stabilni tokom vremena: funkciju, klimu, topografiju, estetiku: "Urbani dizajn uključuje sve ove faktore, ali takođe, uključuje i faktore ekonomske, političke, socijalne i legalne prirode" (Varkki, 4).

3. RAZLIČITI PRAVCI URBANOG DIZAJNA

3.1 KARAKTERISTIKE SVAKOG OD PRAVACA

Transformativna urbana morfologija je pravac koji pomera shvatanja o prostoru sa klasičnog projektantskog pristupa (definisane fizičkog prostora i njegovog funkcionalno oblikovnog tretmana) na razmatranje upotrebe prostora koja nije statična. Ovo je aktuelna teorijska misao u urbanističkom projektovanju koja ima "više simpatija za ljude" (Bazik, 1996, 87). Pošto se svaki prostor transformiše i modifikuje, treba ponuditi koncept organizacije okruženja koji je primeren ljudskom ponašanju u prostoru i vremenu, kao predmet kontinualne promene i usaglašavanja (Bazik, 1996, 90). Treba omogućiti stručno delovanje arhitekta u prostoru namenjenom različitim korisnicima, a ujedno i doprineti stvaranju stručne argumentacije za "kontakt" sa političkim i ekonomskim strukturama (Bazik, 1996, 87).

U **svakodnevnom urbanizmu**, grad je "sociološki produkt", pa urbanizam ima humani i socijalni pravac (Crawford, 1999, 1). Ovaj pravac se fokusira na javni prostor u kome se odvijaju svakodnevne aktivnosti svih građana.

Svakodnevni urbanizam slavi svakodnevni običan život, bez namera da izgradi savršeno ili idealno okruženje (Kelbaugh, 2004, 2). Projektant je viđen kao empirički student običnog i popularnog, a ne idealnog i čistog (Kelbaugh, 2004, 4). Najskromniji je od svih paradigmi i precenjuje mitski aspekt običnog (Kelbaugh, 2004, 4). Najmanje se bavi estetikom, pa ima problema u postizanju lepote i koherentnosti (Kelbaugh, 2004, 5).

Generički urbanizam je pravac novijeg datuma, koji je još uvek više zastupljen u istraživanjima nego u praksi. Naziva se i posturbanizam, a ponekad i "landscape" ili

infrastrukturni urbanizam (Kelbaugh, 2004, 2). Arhitektonski jezik koji koristi je obično apstraktan sa malo referenci na fizički ili istorijski kontekst (Kelbaugh, 2004, 3). On nastavlja modernistički projekat avangardnih šok taktika (Kelbaugh, 2004, 3).

Ovaj pravac prihvata i izražava tehno-tok globalnog sveta. Eksperimentalan je, pre nego normativan i ruši kodove zoniranja i konvencije. Ne uključuje javnost u otvorenom dijalogu, jer smatra da je tradicionalni "polis" zastareo i njegove civilne institucije okamenjene da bi promovisale nove mogućnosti (Kelbaugh, 2004, 4). Posturbanisti su "usamljeni geniji" koji vode monolog usmeren ka medijima i tržištu. Projekti postaju XL, drski, ezoterični i nadmoćni u odnosu na kontekst (Kelbaugh, 2004, 4). Arhitekti kao Koolhaas tvrde da nema više nade za postizanjem urbane koherentnosti i jedinstvenosti. Planiranje je mrtvo, jer generički gradovi funkcionišu kao tabula rasa: gde nije bilo ničega, tu su nastali, ako je i bilo nešto, oni su to zamenili (Koolhaas, 1995, 6).

Ova tri pravca se u nekim domenima preklapaju, a u nekim razilaze. Usporedne karakteristike ova tri pravca date su u tabeli.

	TUM	SU	GU
Uloga projektanta	stručnjaci-eksperti analitičari	uloga projektanta se menja od projektantskog eksperta do svakodnevne osobe	usamljeni geniji koji vode monolog, usmeren ka medijima i tržištu
Odnos prema fizičkom kontekstu	uključuje fizički kontekst	uključuje	ne uključuje
Odnos prema istorijskom kontekstu	kombinacija poruka i iskustva iz prošlosti na nov način, u kontekstu razvoja grada u kontinuitetu	uključuje istorijski kontekst	protivljenje bilo kojoj formi arhitektonske tradicije
Javnost	uključuje javnost	podjednak participant u javnom dijalogu sa lokalnim građanima	ne uključuje javnost direktno u otvorenom dijalogu
Ka planiranju ili arhitekturi	ka planiranju	ka planiranju	ka arhitekturi
Metodološki pristup	empirijsko-naučni	empirijski	naučni
Zastupljenost u praksi	mainstream	nedovoljno zastupljen u praksi	više na nivou istraživanja
Praksa	gradski mikro-prostori	javni prostori	aerodromi, hoteli, tržni centri, hipermoderne zgrade
Bavi se estetikom	da	ne	da
Čovek kao mera	da	da	ne
Posebno proučava	promenu morfoloških tipova	javne prostore	generički program gradova kasnog kapitalizma
Naglasak na fizičkoj ili sociološkoj dimenziji grada	fizičkoj i sociološkoj	sociološkoj	fizičkoj
Determinisanost prostora	delimično određeni	prostori su neodređeni	determinisani prostori
Privilegovane aktivnosti	aktivnosti koje vrše ljudi	prolazne ljudske aktivnosti	kretanje automobila

3.2 METODOLOŠKI PRINCIPI PRAVACA URBANOG DIZAJNA

Nikolai Stein ističe tri metodološka principa u praksi urbanog dizajna: **naučni, empirijski i intuitivni** (Stein, 2001).

Transformativna urbana morfologija kombinuje **naučni i empirijski** metodološki princip. Prema naučnom principu, kompleksni projektantski problemi se razbijaju u delove koji se rešavaju pojedinačno. Proces dizajna se vidi kao naučni u smislu da se može razviti najbolji objektivni način za rešavanje projektantskih problema (Harfield, 1999; citirao Stein, 2001). Međutim, za razliku od naučnog pristupa koji smatra da se te metode, kao univerzalne, mogu primeniti na sve projektantske probleme, nezavisno od pojedinačnog zadatka, TUM uzima u obzir prirodu pojedinačnog zadatka. Tu je veza TUM-a sa empirijski pristupom.

Svakodnevni urbanizam se oslanja na **empirijski (induktivni)** pristup i kazuje kakve stvari jesu. Kod empirijskog pristupa, umesto formulisanja opštih teorija o svetu, slučajevi se pojedinačno posmatraju i analizira se specifična situacija. Uloga projektanta se redefiniše sa uloge eksperta koji zna kako da rešava projektantske probleme na ulogu mislioca koji ima različite stavove po pitanju različitih problema dizajna (Broadbent, 1984; citirao Stein, 2001). S ozirom da je zasnovan na svetu kakav jeste, malo je verovatno da će pomoći stvaranju potpuno novog koncepta dizajna.

Generički urbanizam se oslanja na **naučni** pristup. To, dakle, znači da se može razviti najbolji objektivni način za rešavanje projektantskih problema i on se, kao univerzalan, može primeniti na sve projektantske probleme, nezavisno od prirode pojedinačnog zadatka.

Praksa urbanog dizajna danas se u pogledu metodologije kreće **između ova tri pristupa: naučnog, empirijskog i intuitivnog**. Lang kaže da, iako neki od njih može biti dominantan, praksa urbanog dizajna često uključuje više njih, ako ne i sve (Lang, 1994; citirao Stein, 2001). Madnipour smatra da viđenje urbanog dizajna samo kao tehničkog ili socijalnog procesa retko odgovara praksi urbanog dizajna: "različiti pristupi su primenljivi na različite aspekte procesa urbanog dizajna, jer on uključuje bavljenje objektivnim svetom, institucijama i individuama uključenim u proces, kao i subjektivni svet ideja" (Madanipour, 1996; citirao Stein, 2001).

3.3 PRISTUPI URBANOM DIZAJNU

Nikolai Stein ističe tri fundamentalno različita pristupa urbanom dizajnu:

1. **estetički pristup** (u okviru kog izdvaja **totalni dizajn, dizajn "od svega pomalo"** i **infrastrukturni dizajn**), 2. **stvaranje životne sredine** 3. **stvaranje okruženja odluka** (Stein, 2001, 4-6).

Transformativna urbana morfologija najbliža je pristupu **stvaranja okruženja odluka**. Kod ovog pristupa najpre se definiše sveukupni okvir - prostorni, legalni i organizacioni - u okviru kojeg se kasnije vrši projektovanje zgrada i prostora (Stein, 2001, 2). Urbani dizajn je alatka kojom se izgrađeno okruženje menja u svrhu implementiranja ekonomskih, socijalnih i kulturnih polisa (Lang, 1994; citirao Stein, 2001, 15). Malo je verovatno da će ovaj pristup proizvesti potpuno novi dizajn.

Svakodnevni urbanizam se oslanja na pristup **stvaranja životne sredine**. Kod ovog pristupa, urbani dizajn je proces koji proizilazi iz potreba i želja konkretnih ljudi (učesnika i stvaraoca konkretnog prostora u konkretnoj situaciji) (Stein, 2001, 3). Ovde

je urbani dizajn participativan proces, i uključuje malo ili nimalo ideale projekatana, koji prvenstveno imaju supervizora uključenih aktera (Stein, 2001, 3).

Generički urbanizam se oslanja na pristup **dominacije fizičkog proizvoda**, jer je urbani prostor u terminima usko definisanih arhitektonskih kvaliteta. U okviru ovog pravca najbliži je **totalnom dizajnu**, jer je odan arhitekturi u praksi urbanog dizajna. On osvaruje uslove za implementaciju, jer njime vlada autokratski režim (lokalni ili nacionalni) (Koolhaas, 1995, 1255). Kao i modernistički planovi, planovi generičkog grada uvek izgledaju najzбудljivije - iz vazduha.

4. GRADSKI TRG

Postoje različite definicije gradskog trga u zavisnosti od toga sa kog aspekta se on posmatra. Djokić smatra da ih je moguće svrstati u dve grupe: fizičke i socio-kulturne (Djokić, 2004, 32).

Fizičke definicije se oslanjaju na fizičku izgrađenost prostora, dok su druge karakteristike, kao što su funkcija, kulturni kontekst, socio-ekonomski i politički uslovi, potisnute u drugi plan ili izostavljene (Djokić, 2004, 32-33).

Socio-kulturne definicije u prvi plan stavljaju socio-kulturne karakteristike. Mogu se podeliti u više grupa: 1. estetske, 2. psihološke, 3. razvojne, 4. simboličke (Djokić, 2004, 32).

U ovom poglavlju gradski trg će biti definisan u okviru različitih pravaca urbanog dizajna. Generički urbanizam daje definiciju trga sa fizičkog stanovišta, jer je okrenut arhitekturi u praksi urbanog dizajna. Svakodnevni urbanizam daje socio-kulturne definicije, jer urbanizam ima humani i socijalni pravac. Transformativna urbana morfologija uključuje obe vrste definicija.

4.1 GRADSKI TRG U TRANSFORMATIVNOJ URBANOJ MORFOLOGIJI

U transformativnoj urbanoj morfologiji trg nije više samo fizički prostor oblikovan na odgovarajući način koji zadovoljava određene funkcije. On se transformiše i modifikuje - zato treba ponuditi koncept organizacije ovog prostora primeren ljudskom ponašanju u prostoru i vremenu kao predmet kontinualne promene i usaglašavanja (Bazik, 1996, 90). Trg nije projektantsko delo, arhitektonsko ostvarenje, već deo "gradske scene", deo predstave, prizor.

Stručnjaci ugrađuju saznanja u projektantski proces, ali ostavljaju okvir za osmišljeno delovanje korisnika (Bazik, 1996, 114). Različiti stručnjaci nude različite alate i redosled postupaka pri analizi gradskih prostora.

Bazik pri analizi gradskih prostora izdvaja dve grupe aktivnosti: aktivnosti u domenu stručnjaka i aktivnosti u domenu stručnjaka+korisnika prostora.

Principi ovog autora koji se mogu primeniti na gradski trg su sledeći:

a1) protočnost prostora: desegregacija pešačkih i kolskih tokova; b1) raznovrsnost sadržaja: primerena raznovrsnost sadržaja gradskog trga, dispozicija sadržaja različitog stepena privlačne moći i kompatibilnost sadržaja i forme gradskog trga; b2) čitljivost gradskog prostora: usklađenost tokova i morfologije gradskog trga, jasna perceptivna struktura gradskog trga i diferencirana reprezentativnost forme prostora i objekata gradskog trga; c1) upotrební potencijal: primereni gradski trg i intenzitet korišćenja gradskog trga; c2) oblikovni potencijal gradskog trga: usklađenost uslova opažanja i oblikovnog potencijala prostora i odnos kompozicije vizuelnih obeležja prema kontekstu

i funkciji; c3) bogatstva gradskog trga: višestruka percepcija gradskog trga i okvir za usmereno lično delovanje korisnika.

Djokić u vrednosnoj analizi trgova u gradovima Srbije izdvaja elemente:

1. izražajnosti i zaštićenosti, 2. sadržajnosti u okviru gradske kompozicije, 3. prihvatljivosti prostora od strane korisnika (Djokić, 2004, 393).

Bez obzira na različite principe koje svaki od autora daje za formiranje kvalitetnih gradskih prostora, oni imaju zajedničke karakteristike, a to su ujedno i karakteristike pravca transformativna urbana morfologija kome oni pripadaju. Te karakteristike su:

1. analiza prostora se ne zadržava samo na njegovom fizičko-oblikovnom tretmanu, već se razmatra i **upotreba prostora**; 2. **čovjek** kao deo prostora (prostor je namenjen različitim korisnicima), 3. prostor više nije statičan - on se **transformiše i modifikuje**.

4.2 GRADSKI TRG U SVAKODNEVNOM URBANIZMU

Svakodnevni urbanizam se fokusira na javni prostor u kome se odvijaju svakodnevne aktivnosti svih građana. Gradski trg se neće oblikovati po apstraktnim principima, jer njihova krutost dovodi do prostora koji imaju malo toga sa živim iskustvom (koje potencira svakodnevni urbanizam). Svaki građanin učestvuje u njegovom nastajanju, jer je svako potencijalni ekspert.

Trg je neodređen, nije strogo definisan. On je samo zona socijalnih promena koja poseduje potencijal za nova socijalna uređenja (Crawford, 1999, 1). Trg je jedno od najmoćnijih mesta, jer se tu različitosti suprotstavljaju i interaguju. Da bi se stvorio, privileguju se prolazne i privremene aktivnosti (Kelbaugh, 2004, 2). Najmanje pažnje se posvećuje esteticima, pa ima problema u postizanju lepote i koherentnosti (Kelbaugh, 2004, 5).

Da bi nastao jedan trg, prethodno se rade različiti dijagrami aktivnosti, komunicira sa svakodnevnim građanima, fotografišu svakodnevne aktivnosti. Jedna od studija Project for Public Spaces (PPS) obuhvatila je analizu preko 1000 javnih prostora širom sveta. Rezultati do kojih se došlo su sledeći. Da bi javni prostor bio uspešan mora da bude:

1. pristupačan, 2. da ljudi budu uključeni u različite aktivnosti, 3. udoban i ima lepu sliku, 4. socijabilan je: ljudi se tu međusobno susreću (PPS, 2004).

4.3 GRADSKI TRG U GENERIČKOM URBANIZMU

Telekomunikacije i kompjuteri su promenili čovekov život u svakom pogledu i nastavljaju to da rade ubrzanom stopom. Postavlja se pitanje da li su redukovali i čovekovu potrebu za fizičkom zajednicom.

Koolhaas smatra da će nas globalizacija učiniti strancima svuda, i da elektronska agresija teži da razori sve što je fizičko (Koolhaas, 1996; citirao Gronlund, 1999). On smatra da bi trebalo da prestanemo da tražimo lepak koji će spojiti gradove. Njegov zaključak je da jedini sudovi koji se mogu doneti su sudovi o ukusu i esteticima i kad arhitekta ovo prepozna, može da ostavi melanholična značenja javnog prostora, gubitak urbaniteta, gubitak komunikacije: "Mislim da smo zaglavljani idejom ulice ili trga kao javnog domena, ali javni domen se radikalno menja...sa televizijom i medijima i celom serijom drugih pronalazaka, pa se može reći da je javni domen izgubljen. Ali se takođe može reći da se on danas tako širi da mu fizička artikulacija više nije potrebna. Mislim da je istina negde između" (Koolhaas, 1996; citirao Gronlund, 1999).

Rečenicom "Javni prostor je mrtav", Koolhaas je htelo da kaže da je utopijsko značenje tradicionalnog javnog prostora slikovit, nostalgični ostatak 20-tog veka (VA Report 6).

Koolhas smatra da je svudje prisutna tehnologija stvorila "univerzalni grad koji postoji bilo gde da se nalazimo u svetu". O pitanjima grada i naselja se treba diskutovati: "Pravi javni prostor je nevidljiv za oko" (Koolhas; VA Report 6).

Kao odgovor na Koolhasovu izjavu da je javni prostor mrtav, Abrams sugerise da se Koolhas možda boji da arhitekta danas ima sve manje kontrole nad zajednicom (Abrams, 1999). Za Abramsa, primerenije pitanje je gde je pojam gomile ili mase nestao u terminima stvarnog i virtuelnog (Abrams, 1999). Muntadas kaže: "Društvo je hibridno i mi živimo u hibridnom prostoru" (Muntadas, 1999).

Sanders smatra da je digitalna komunikacija samo dalje problematizovala ionako nestabilne granice između javnog i privatnog prostora (Sanders; VA Report 6). On smatra da umesto da žalimo gubitak privatnog, koncept koji ni isprva nije ni postojao, arhitekti bi trebalo da razmotre raširenost privatne kuće kao mesta javne razmene: "Virtuelni prostor promenio je naš odnos prema aktuelnom prostoru, čineći kontakt licem u lice i taktilno iskustvo drugačijim i značajnijim" (Sanders; VA Report 6).

Pojavni oblici virtuelnog prostora su različiti. Liftin kaže da se Internet pojavio kao sistem sa potencijalom za neku vrstu urbanog iskustva, Web urbanizam: "Web urbanizam je pomeranje tradicionalnog urbanog iskustva na Web" (Liftin; VA Report 6). Baxi kaže da Internet stvara svoju realnost i granice (Bazi, 1999). Muntadas smatra da je kontekst Interneta problematičan: "Putujemo, ali gubimo kontekst" (Muntadas; 1999).

Kelbaugh smatra da postoje različiti načini kako se nositi sa elektronskom mrežom i to su načini koje nudi s jedne strane generički urbanizam, a s druge strane svakodnevni i novi urbanizam. Jedan od njih je prihvatiti, čak i slaviti gubitak javnog domena, pokušavajući da se arhitektura i urbanizam učine prolaznim. Ovo je generički grad gde se fizički javni domen i sam pojam urbanizma negira ili potpuno transformiše (Kelbaugh, 2004, 8). Za razliku od ovog postmodernog pogleda, svakodnevni i novi urbanizam su posvećeni autentičnom javnom domenu. Taj način je "izgraditi kvalitetno fizičko okruženje zgrada, ulica, trgova i parkova koji ohrabruju i oplemenjuju interakciju između ljudi, između prijatelja i stranaca, bogatih i siromašnih, crnih i belih, starih i mladih" (Kelbaugh, 2004, 8).

5. ZAKLJUČAK

Savremeni urbani dizajn je veza između urbanističkog planiranja i arhitekture. To je multidisciplinarna aktivnost, jer pored planiranja i arhitekture i druge nezavisne discipline igraju važnu ulogu u proučavanju i stvaranju gradova.

I pored različitih pristupa urbanom dizajnu, danas dominira onaj koji urbani dizajn posmatra kao definisanje sveukupnog okvira - prostornog, legalnog i organizacionog - u okviru kojeg se kasnije vrši projektovanje zgrada i prostora. To znači da je savremeni urbani dizajner samo indirektno odgovoran za stvaranje izgrađenih formi i prostora između njih. Urbani dizajn, dakle, pored toga što uključuje sve faktore koji su relativno stabilni tokom vremena (funkciju, klimu, topografiju, estetiku), takođe uključuje i faktore ekonomske, političke, socijalne i legalne prirode.

Što se metodološkog pristupa tiče, praksa urbanog dizajna danas se kreće između tri pristupa: naučnog, empirijskog i intuitivnog. Iako neki od njih može biti dominantan, praksa urbanog dizajna često uključuje više njih, ako ne i sve.

Gradski trg u transformativnoj urbanoj morfologiji nije projektantsko delo, arhitektonsko ostvarenje, već deo "gradske scene", deo predstave, prizor. Pomeru se shvatanje o ovom prostoru sa klasičnog projektantskog pristupa (definisanja fizičkog prostora i njegovog funkcionalno oblikovnog tretmana) na razmatranje upotrebe prostora koja nije statična.

U svakodnevnom urbanizmu gradski trg je jedno od najmoćnijih mesta, jer se tu različitosti suprotstavljaju i interaguju. Trg je neodređen, on je samo zona socijalnih promena koja poseduje potencijal za nova socijalna uređenja. Svaki građanin učestvuje u njegovom nastajanju, jer je svako potencijalni ekspert.

U generičkom urbanizmu pojam javnog prostora i samog gradskog trga se potpuno transformiše. Virtuelni prostor promenio je naš odnos prema aktuelnom fizičkom prostoru, istovremeno čineći interakciju između ljudi potpuno drugačijom.

LITERATURA

[1] Bazik, D: "Problemska orijentacija procesa oblikovanja gradskog prostora", *Strategija urbanizacije u uslovima neizvesnosti*, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1996, str. 83-118.

[2] Djokić, Vladan: *Urbana morfologija: grad i gradski trg*, Beograd, 2004.

[3] Koolhaas, Rem, Bruce Mau: *S,M,L XL*, The Monacelli Press, 1995.

IZVORI

[1] Arida, Ayssar: "The role of urban design", Chapter 6: Urban design and the quantum worldview, *Quantum City, Oxford, 2002*.

<http://www.quantumcity.com/PagesFromChapter06.pdf>, avg. 2005.

[2] Crawford, Margaret: "Everyday Urbanism-introduction", 1999. <http://undertow.arch.gatech.edu/Homepages/gte735w/intro-everyday.htm>, avg. 2005.

[3] Gronlund, Bo: "Rem Koolhaas Generic City", jun 1999.

<http://hjem.get2net.dk/gronlund/Koolhaas.html>, avgust 2005.

[4] Kelbaugh, Douglas: "Three Urbanisms: New, Everyday and Post", 2004, <http://www.fathom.com/feature/122177>, 2004.

[5] Project for Public Spaces: "What makes a successful place?", maj 2004.

http://www.pps.org/topics/gps/gr_place_feat_25.5.2004, maj 2004.

[6] R. Varkki, George: "A Procedural Explanation for Contemporary Urban Design", <http://www.urban.uiuc.edu/Faculty/Pallathucheril/Papers/2ndorder/2ndorder.htm>, 2005.

[7] Stein, Nikolai: "The process of urban design", april 2001, www.aarhus.dk/welfarecity, maj 2004.

[8] Digital Dilemma: Van Allen Report 6: Where Is the 'Public' in e-topia? http://www.vanallen.org/publications/var_6.htm, mart 2006.

[9] Janet Abrams, Muntadas, Katambari Baxi: Is Public Space Dead?, Van Allen Institute, 1999, http://www.vanallen.org/forums/public_space2.htm#, mart 2006.

CITY SQUARE ANALYSIS IN DIFFERENT VIEWS OF URBAN DESIGN

Summary: *In this paper the role of urban design today will be analysed. Through the case study of the city square characteristics of three different views of urban design will be examined and compared.*

Key words: *urban design, city square, transformative urban morphology, everyday urbanism, generic urbanism*

РЕГИОНАЛНИ АСПЕКТИ ПРОСТОРНОГ РАЗВОЈА ОПШТИНЕ КЛАДОВО

Борислав Стојков¹

UDK:711.2

Резиме:

У току израде Стратегије просторног развоја општине Кладово између осталих тема истражена је и тема регионалног положаја и значаја општине Кладово. У оквиру овог истраживања утврђено је да економски и социјални развој ове општине у великој мери зависи управо од регионалног аспекта, односно од оних тема и проблема који имају шири регионални значај. Ту се пре свега истиче положај на коридору VII (река Дунав), функционисање хидро-електро система Ђердап, Национални парк Ђердап, суседство са општинама Румуније, као и однос у констелацији Тимочке крајине. Ових пет тема регионалног аспекта испитане су и дефинисане у развојном смислу, те као такве уграђене у Стратегију просторног развоја општине Кладово. Регионални аспект покреће серију будућих пројеката од којих, примера ради, трансгранична сарадња са румунским општинама (Дробета Турну Северин и Оришава) представља значајан потенцијал за убрзанији развој општине Кладово која се данас налази у поразној демографској и економској ситуацији као гранична општина Србије.

Кључне речи:

Просторни развој, регионални аспект, трансгранична сарадња, стратегија, општина Кладово

Положај општине Кладово садржи неколико кључних елемената од којих зависи њен просторни развој, односно економски, социјални и еколошки квалитет развоја Кладова као урбаног центра и 22 сеоска или мања урбана насеља Општине. Ти елементи су, пре свега:

- **позиција на граници Србије према Румунији, а потом**
- **река Дунав као трансдржавни елемент највишег европског значаја**
- **Национални парк "Ђердап", природна целина изузетног значаја за Србију и Европу, као завршетак Карпата, великог европског масива**
- **ХЕ "Ђердап" као магистрални део електроенергетског система Србије и Румуније и**
- **значајна улога у регионалној констелацији Тимочке Крајине односно источне Србије.**

¹ Проф. др Борислав Стојков

Гранична позиција према Румунији, историјски и географски посматрано, у великој мери зависи од политичких односа ове две државе. У зависности од промена у односима Румуније и Србије одвијала се динамика демографских и економских промена, а последично и квалитет еколошког статуса појединих делова Општине. Општина Кладово данас још увек трпи последице три одлучујућа момента који су доминирали у периоду последњих педесетак година, када је општина Кладово била на граници тзв. "Гвоздене завесе" све до 1990. године. Затвореност те границе, као први моменат коју је донекле пробила изградња ХЕ "Ђердап" 1974. године, условила је скоро тоталну изолацију у односу на суседе на румунској страни што је свакако утицало на економски развој Општине али и на стварање константног жаришта демографско-социјалних односа две етничке заједнице, Срба и Румуна, односно влашке етничке заједнице која се опредељивала за једну или другу опцију у зависности од политичких промена.

Други значајан моменат који је одлучујуће утицао на развој Општине је изразита централизација у политичком систему Србије, у већем делу времена од II светског рата до данас. Централизацијом политичког одлучивања су по правилу највише погођене граничне општине. Изузев периода од 1974. године па до половине 80-тих година XX века, општина Кладово није успела да обезбеди основне инструменте економског и социјалног развоја, односно да искористи своје просторне предиспозиције за успешнији развој. Зависећи увек од неког центра, а немајући полуге развоја у својим рукама, општина Кладово је доживела демографску и, последично, економску деклинацију, слично другим општинама у граничном појасу источне Србије.

Трећи важан моменат, поготово у последњем периоду, је недостатак политике регионалног развоја Србије која је, иако још увек централизована, могла да коригује одређене диспаритете и заустави негативне трендове да је имала политику и стратегију регионалног развоја и, посебно, инструменте за кориговање и заустављање негативних токова развоја граничних општина као што је кладовска. Утолико је могуће објаснити и огроман егзодус и старење становника општине Кладово и њен стрмоглави економски пад са 9. позиције међу општинама Србије, односно са оствареног БДП од 145.405 дин. (индекс 129,9 у односу на Србију) на 55.486 дин. 2002. године (индекс 75,9 у односу на Србију), односно 80. место међу општинама Србије, па све до 2003. године када општина Кладово заузима 127. место, са 52,9% нижим дохотком, односно 48.868 дин. по глави становника. Политичке промене у Румунији и, донекле, у Србији отвориле су нове шансе за квалитетнији развој како општине Кладово тако и суседних региона у Румунији (Караш-Северин), односно других општина у граничном појасу. Ови односи би требало да се развијају уколико обе земље, Србија и Румунија, наставе свој пут прикључења Европској Унији. Ово ће омогућити програми Европске Уније: INTERREG – New Neighbourhood Programme (нови суседски програми) који ће омогућити развој суседских односа Србије и Румуније, као и други програми који су већ у току, финансирани од Европске Уније или појединих држава ЕУ (MSP, CARDS и др.).

Историјски гледано, гранични положај је на општину Кладово деловао судбински (место на Трајановом путу у II веку н.е. са траговима каструма Дијана и Понтес као и моста преко Дунава, близина Војне границе Аустријске царевине у XVIII веку која се завршавала код Оршаве, односно острва Шимијан на румунској страни, критично место у доба "Гвоздене завесе" у XX веку. Ово је оставило трага до данашњег маргиналног положаја на граници Србије према Румунији, уз отворену перспективу прекограничног интересног повезивања са Турн-Северином и мањим насељима дуж леве обале Дунава, и уз значајне могућности развоја у перспективи програма развоја Европске Уније на овом подручју (Еврорегион Дунав 21). Децентрализована Србија, поред неопходне политике и стратегије регионалног развоја Србије општини Кладово треба да омогући трансформацију од данас неразвијене и великим делом запуштене, до уређене и развијене територије од ширег регионалног значаја. Гранични положај општине Кладово отвара у блиској будућности следеће принципе трансграничне кооперације са румунском страном:

- а) повезивање природног система завршетка Карпатских планина преко националних паркова са обе стране Дунава;**
- б) повезивање техничких система; путне мреже, железничке мреже, гасне мреже и проширење електроенергетске мреже;**
- в) отварање нових граничних прелаза (један или више) на месту погодном са техно-економског и социјалног становишта;**
- г) повезивање социјалних група са обе стране Дунава преко малограничног промета, заједничких акција и пословних веза;**
- д) координација програма заштите и унапређења културних и историјских добара и формирање заједничких културних програма;**
- ђ) заједнички развој туризма повезивањем тачака, културних стаза и целина у јединствени туристички итинерер велике и значајне туристичке дестинације;**
- е) координација и заједничко решавање проблема заштите животне средине и других елемената заштите;**
- ж) формирање заједничког интерактивног и мониторинг центра за праћење развоја и употребе елемената просторних система;**
- з) заједничка подршка развоју и координација цивилног сектора и јавног сектора, са посебним нагласком на развоју и унапређењу мултиетничких односа.**

Река Дунав за општину Кладово представља капитални природни елемент са вишеструким регионалним особинама. Преко реке Дунав кладовска општина има потенцијале просторне интеграције на прекограничном, интеррегионалном и трансдржавном нивоу.

Прекогранични ниво интеграције општина Кладово може да користи за активирање вишеструке кооперације са регионима Мехединци и Караш

Северин на румунској страни. Та кооперација отвара путеве активирања заједничких туристичких, привредних, саобраћајних и културних програма од чега увелико може да зависи успешност развоја на обе стране Дунава. Идентитет читавог региона заснива се на објектима, културним стазама (римска, византијска, отоманска, средњеевропска) на левој и десној обали ове велике европске реке.

Проблем и ограничење данас представља још увек тврда граница две земље и њихов неједнак статус у односу на Европску Унију, као и иманентни недостатак институционалне сарадње румунске и српске стране. Програми Европске Уније (INTERREG – New Neighbourhood Programme, ISPA), као и билатерална кооперација Србије са неким земљама Европске Уније (Италија, Аустрија) уз подршку других програма који данас функционишу у Србији могу да помогну код активирања ових потенцијала у општини Кладово у сарадњу и са прекограничним суседима.

Интеррегионални ниво пружа могућности сарадње општине Кладово са општинама (регионима) у Европи који на Дунаву имају сличне потенцијале. Ово се пре свега односи на сарадњу у оквиру пројекта "Паркови културе на Дунаву" који окупља дунавске регионе који имају ту врсту културних предиспозиција. Груписање и целовита валоризација великих и значајних објеката на територији општине Кладово (Трајанова табла, каструми Дијана и Понтес, остаци Трајановог моста, Фетислам и др.) упућује на могућност формирања Парка културе у Кладову (ARCHEM) уз отворен проблем институционалних и кадровских потенцијала у овом тренутку, као и недовољну подршку регионалних и државних институција и недостатак регионалне развојне политике Републике из које би ова подршка проистекла.

Други пројекат, у коме је општина Кладово један од партнера, има **трансдржавни карактер**, и носи назив DONAUFHANSE. Овај пројекат окупља лучке и привредне центре на Дунаву, од Немачке до Румуније и Украјине², и треба да покрене питање привредне и саобраћајне кооперације лучких градова на Дунаву. Основни проблем је чињеница да од 1998. године Кладово не користи статус лучког града на Дунаву чиме су и његови економски потенцијали знатно ослабљени. Слабост је и чињеница да Општина Кладово, иако је потписала уговор о партнерској сарадњи на овом пројекту, није институционално организовала припрему активности у овом пројекту који ће се радити до краја 2006. године (уз могућност продужења до 2008. године). Развој туризма и друге теме везане за реку Дунав (туризам, енергетика, животна средина) упућују на будуће пројекте у оквиру програма Србије или Европске Уније.

Положај општине Кладово на реци Дунав ради поменутог истиче следеће приоритете у средњерочном периоду:

² Поред Кладова у овај пројекат су из Србије укључени: Нови Сад, Београд и Смедерево.

- а) повезивање са суседима на румунској страни ради формулисања пројекта у оквиру програма INTERREG – Neighbourhood Programme који се Србији отвара 2006. године;
- б) интегрална валоризација културних репера Општине и наставак идеје о Парку културе ARHEMA, започете 2000. године и повезивање у систем паркова културе на Дунаву;
- в) отварање границе према Румунији и изградња нових саобраћајних прелаза (државна надлежност);
- г) ангажовање општине, односно одговарајуће установе у општини Кладово, на пројекту DONAUFHANSE;
- д) обнова и ревитализација речног саобраћаја, односно лучких постројења у Кладову (путничко и теретно) и Текији и Брзој Паланци (теретно) као и марине у Кладову;
- ђ) јачање институционалних капацитета Општине у сарадњи са адекватном институцијом ЕУ;
- е) припрема пројеката за сарадњу са суседима на румунској страни од 2006. године, користећи иницијалне материјале пројекта "Гвоздена врата" (2000).

Национални парк "Ђердап" који се протеже преко територија општина Голубац, Мајданпек и Кладово, покрива 1/3 територије општине Кладово и то вреднијим делом Парка. Програм и управљање Парком је у надлежности Републике, односно Дирекције Националног парка. Режим Парка у значајној мери ограничава развој Општине на западном делу, како у погледу коришћења земљишта тако и физичко-функциоаналног развоја (грађења). Посебно су ограничена места Текија, Петрово село, Манастирица, Подвршка и делом Сип, иако грађење и употреба земљишта у њима измиче конторли крајем XX века. Контрастни амбијент планинског дела Парка у односу на амбијент реке Дунав, садржи изванредне могућности за разне активности, а посебно за активност туризма, које ни издалека нису искоришћене (карпатска веза). Анализа показује да је један од значајних проблема недостатак координације између туристичких институција Кладово и управе Националног парка. Проблем који проистиче из овога је недостатак квалитетних програма који би повезали Кладово, сеоска насеља у Општини и туристичке потенцијале Општине са Националним парком. Други проблем условљен овим је слаба приступачност и неквалитетни смештајни капацитети на обе стране. Напокон, важан моменат је и неопходност повезивања националних паркова на страни Србије и Румуније, са природним квалитетима, траговима неолитске и римске културе и другим елементима природно-еколошког и културног значаја карпатског система. Активирање локалних потенцијала Петровог села и Манастирице (ваздушна бања), или Текије (рибарење, пчеларство и др.) означава даље могућности руралног подручја недовољно искоришћене од сада у изузетном природном пределу Ђердапске клисуре до Сипа или планине Мироч изнад Дунава.

Имплементација важећег просторног плана НП "Ђердап" у том погледу треба да буде у координацији са планским решењима просторног плана Општине.

Приоритети који из овога проистичу су следећи:

- а) координација програма у области развоја туризма и других активности од заједничког интереса између Националног парка "Ђердап" и надлежне туристичке институције из Кладова;**
- б) дефинисање посебних услова за подршку активностима становника насеља ће омогућити задржавање становника и позитивне демографске трендове на овом подручју;**
- в) изградња неопходне инфраструктуре и посебних објеката у функцији туризма и рекреације на простору Петровог села;**
- г) квалитетније саобраћајно повезивање насеља на горњој тераси Кључа са Брзом Паланком, Кладовом и Велесницом;**
- д) договор са румунском страном око покретања пројекта за повезивање националних паркова и објеката од посебног значаја, а у циљу развоја јединствене туристичке дестинације "Гвоздена врата" (IRON GATE), а у оквиру програма INTERREG – Neighbourhood Programme.**

ХЕ "Ђердап I" и ХЕ "Ђердап II" (изван граница овог плана) имају веома велики утицај на просторни свеукупни развој општине Кладово. ХЕ "Ђердап I" се ослања на десну обалу Дунава на територији Општине, док разводно постројење 400/220 kVA са мрежом далековода у великој мери покрива територију Општине утичући значајно на начин коришћења земљишта.

Регулациона линија која одваја непосредни приобални појас са посебним режимом рестриктивног коришћења земљишта и акваторије од копненог залеђа, такође значајно утиче на начин коришћења земљишта у форланду. Успор Дунава изазван функцијом ХЕ "Ђердап II" такође веома много утиче на коришћење приобаља Доњег Кључа између Брзе Паланке и Кладова, као и на системе канализације тамо где постоје. Оволико захватање територије општине Кладово, тако значајним системом за производњу и пренос електричне енергије за Србију, Руминију и шире отвара питање тзв. "ресурсне ренте", односно адекватне компензације за настале поседице функционисања овог система (негативне и позитивне).

Општина Кладово, као центар хидросистема Ђердап има изузетан регионални значај управо ради тога јер је функционално повезан са Србијом и Европом. Запошљавајући људе са територије Општине, ХЕ "Ђердап I" је с друге стране интерно повезана са Општином. Заједнички интерес Општине и ХЕ "Ђердап" ради тога треба да издвоји следеће приоритете даљег просторног развоја:

- а) покретање иницијативе код Министарства за енергетику око посебних услова за општину Кладово услед последица развоја хидроенергетског система Ђердап;
- б) координација између Општине и ХЕ "Ђердап I и II" у погледу коришћења простора испред регулационе линије дуж десне обале Дунава;
- в) испитивање могућности веће проходности граничног прелаза преко ХЕ "Ђердап";
- г) реконструкција и модернизација рекреативног центра "Ђердап" (Караташ) и центра "Петлово село" (са приступним путем) и за потребе ђачког и других облика туризма;
- д) пројекат заједничког улагања у изградњу туристичког комплекса на Дунаву код Брзе Паланке;
- ђ) извршавање заосталих обавеза последице успора Дунава изнад ХЕ "Ђердап II".

Регионална констелација Тимочке Крајине и положај општине Кладово у њој су били предмет просторног планирања у XX веку (видети Регионални просторни план Тимочке Крајине, ЗУКД, СРС, 1976). Још тада су констатована специфична обележја и успорен развој овог макрорегиона Србије. У међувремену развој Тимочке Крајине је још знатно заостао, уз наглашен демографски пад који је у међузависности са економским колапсом. Оптимистичка очекивања и планска предвиђања овог плана су се ослањала на три тачке од којих се две налазе на територији општине Кладово: а) положај Тимочке Крајине у односу према суседним земљама (Румунија и Бугарска) и б) Дунав и ХЕ "Ђердап". Нису, међутим, испитане могућности интерног повезивања општина на интересној основи а на основу природно-еколошких, социо-културних или економско-функционалних потенцијала. Наиме, дата решења су пренебрегла чињеницу увржене и политички-административно потенциране аутархичности општина, што је још више дошло до изражаја у централизованом Србији последњих деценија и улогом и скромним капацитетима општина.

Просторни односи са општином Мајданпек: Општина Кладово се налази на подручју тзв. Кључа, које је са суседном општином Мајданпек повезано Карпатско-балканским планинским луком. Велики део овог лука обухваћен је данас Националним парком "Ђердап" (просторни план Националног парка "Ђердап", РЗУКД, Београд, 1976.), дакле под надлежношћу Републике. Осим некавалитетних путева који повезују ове две општине, нема других видова сарадње, јер национални парк чини неку врсту баријере, уместо моста, који би функционално (и еколошки) требало да их повеже. Економски проблеми те две општине су нагласили њихову неразвијеност.

Просторни односи са општином Неготин: Са општином Неготин општина Кладово је повезана пре свега реком Дунав и функционалним везама које се дуж ње остварују, а пре свега хидроенергетским везама две хидроелектране и

системима које генеришу. Осим тога, ове две општине су повезане путном саобраћајном везом у правцу коридора X. Недостатак железничког саобраћаја у працу општине Кладово и даље према Румунији, неразвијен путнички и теретни саобраћај на реци и недостатак заједничких програма за развој привредних активности и туризма је ослабио економски потенцијал ове две општине и довео до демографске децентрације.

Напокон, недостатак регионалног центра већих капацитета од оних које имају Зајечар или Бор, као и недостатак заједничке регионалне политике развоја отежава развој свих општина Тимочке Крајине, и посебно општине Кладово ради њене граничне позиције. Ово отвара озбиљно питање удруживања општина Тимочке Крајине, на природним и функционалним предиспозицијама, у јединствен макрорегион (европска категорија NUTS 2) са регионалним центром у Зајечару и системом децентрализованих општина, где би општина Кладово могла да буде субрегион категорије NUTS 3 са центром у Кладову и 3 или 4 мање категорије NUTS са центрима у Брзој Паланци, Корбову, Текији и, могуће, Манастирици. Остала насеља, самостално или удружена у заједнице, би чинила мале локалне заједнице нивоа NUTS 5. Регионална констелација Тимочке Крајине и њено организовање према новим европским принципима будуће очекиване децентрализоване Србије, би већ новим просторним планом општине Кладово могла да буде наговештена као могућност за блиску будућност. У том смислу посебно треба истаћи неискоришћене могућности просторних система Тимочке Крајине као целине односно суседних општина које имају сличне развојне проблеме услед регионалне неповезаности. Функционална урбана подручја Кладова и Неготина, пре свих, би заједничком развојном политиком мањег региона Неготинска Крајина – Кључ и заједничким развојним пројектима могли знатно боље да користе своје природне и оскудне демографске ресурсе. Ово тим пре што повезивање са суседима (Видин у Бугарској и Турн Северин и Оршава у Руминији) отвара нову перспективу већ од 2006. године.

Као приоритети активирање регионалне констелације на овом простору би могли да се издвоје:

- а) договор са општином Неготин око заједничких пројеката регионалног значаја и формирање заједничке радне групе (пројекти: намена простора, мрежа насеља, инфраструктура, привреда, јавне службе, екологија);**
- б) усаглашавање повезивања и програмирања туристичког програма и веза са општином Мајданпек;**
- в) активирање идеје око формирања макрорегиона Тимочка Крајина у сарадњи са центром у Зајечару.**

ЗАКЉУЧАК

Регионални аспект представља најзначајнији елемент стратегије будућег просторног и укупног развоја општине Кладово. Значај реке Дунав и енергетских потенцијала и капацитета везаних за ову европску реку, значај Карпатско-балканског појаса који повезује већи број земаља CADSES³ и који покрива 1/3 територије општине Кладово и перспектива трансграничне кооперације са суседним регионима Румуније носе у себи основне потенцијале развоја ове општине. Остали ресурси потенцијали су комплементарни са овим регионалним те ће стратегија развоја свакако да уважи и ту чињеницу, уз сва ограничења која данас постоје у простору Општине (демографска, инфраструктурна, привредно-структурна и др.).

Међутим, основни закључак који данас може да се донесе у односу на просторни развој општине Кладово је да општини Кладово регионални аспект чини приоритетни стратешки потенцијал уз претпоставку уклањања садашњих препрека.

Просторни и одрживи развој економски-социјални развој Општине Кладово могао би да се обезбеди под условима:

- а) децентрализације општине, тј. омогућавања локалном становништву да самостално управља својим ресурсима на нижем општинском нивоу од данашњег;**
- б) регионалне интеграције која ће омогућити груписање институционалних, кадровских и финансијских капацитета за реализацију значајнијих економских и социјалних пројеката;**
- в) интервенције Републике Србије одговарајућом пореском политиком која ће подстаћи инвестирање и усмерити средства у економске пројекте уместо у "мртав капитал";**
- г) развоја трансграничних и трансрегионалних пројеката који носе обележја интересне сарадње са сличним регионима у Европи и са суседним регионима у Румунији;**
- д) институционалне информатичке координације Општине са кључним актерима на територији Општине (Водопривреда, Национални парк, ЕПС) и будућим (железнице Србије), а у сарадњи са општином Неготин.**

³ Земље централне, источне и југоисточне Европе.

Литература:

1. Spatial Planning Priorities for South East Europe, Aristotle University, Солун, 2000.
2. Spatial Development Strategies for CADSES, Беч, 2000.
3. Просторни план Србије, Београд, 1996.
4. Регионални просторни план Тимочке Крајине, ЗУКД, Београд, 1976.
5. Б. Стојков, Local Development Planning in Serbia, Territorium No.1, Географски факултет, Београд, 2004.

REGIONAL ASPECTS OF URBAN DEVELOPEMENT OF KLADOVO MUNICIPALITY

Summary: *While developing Strategy of urban development of Kladovo municipality, among others, a research was performed regarding Kladovo's municipality position and importance. Within this research it was substantiated that economic and social development of this municipality is highly dependant on its regional aspects, in other words, on those issues that have wider regional importance. These are: position on Corridor VII (Danube River) in particular, functioning of Djerdap hydroelectric power plant system, Djerdap National Park, neighboring Romanian municipalities as well as conditions within Timok region. These five topics of regional aspects are investigated and defined in a developmental sense and, as such, are integrated in Strategy of urban development of Kladovo municipality. These regional aspects represent driving force behind series of future projects, among which is cross border cooperation with Romanian municipalities (Drobeta Turnu Severin and Orsova), that are significant potential for rapid development of Kladovo municipality which is currently suffering a heavy crisis regarding its demographic and economical situation as borderland municipality of Serbia.*

Key words: *urban development, regional aspect, cross border cooperation, strategy, Kladovo municipality*

ULOGA KATASTRA U PLANIRANJU I IZGRADNJI GRADSKOG PODRUČJA

Milan Trifković¹
Miroslav Kuburić²

UDK:711.4

Rezime: U ovom radu posebno je obrađena uloga katastra u prostornom planiranju u nas. Naglašeno je da je svoj razvoj naš katastar gradio po ugledu na istočno – evropske zemlje, ali i da je dodatno opterećen specifičnim problemima, koji su proistekli iz same politike naše zemlje.

Ključne reči: Katastar, izgradnja, gradsko područje

1. DOSADAŠNJI RAZVOJ KATASTRA

1.1. Uvodna razmatranja

Prve korene katastra nalazimo u dolinama reke Tigra, Eufrata i Nila, a služio je za utvrđivanje prihoda vladara i sveštenstva na principu procene prihoda od poljoprivrede.

Savremeni katastar se za razliku od prethodnih srednjevekovnih registara o posedima, zasniva na parceli.

On potiče od uzora zasnovanih na premerima zemljišta za potrebe povezivanja u vojvodstvima Milana i Mantove iz vremena 1720-1723. godine koji su poslužili kao model mnogim evropskim zemljama. Izdvajaju se katastarski premer Francuske, Austrije i Nemačke. Treba naglasiti da je fiskalni katastar Bavarske veliki ugled u celoj Evropi i da je bio smatran kao apsolutni model. [2]

Za katastar ima mnogo definicija. Kao najsveobuhvatnija koristi se definicija profesora Jo Henssena, danas jednog od najboljih poznavalaca katastra u svetu, koja glasi:

"Katastar je metodski uređen javni inventar podataka koji se odnose na posede u nekoj zemlji ili oblasti, zasnovan na premeru njihovih granica. Takvi posedi se mogu sistematski identifikovati pomoću nekih oznaka. Oznake i identifikatori poseda i parcele su prikazane na krupnorazrednim kartama koje, zajedno sa registrima, mogu pokazati za svaki poseban posed, vrstu, veličinu i vrednost i zakonska prava vezana za tu parcelu.

¹ Docent dr Milan Trifković, dipl. geod. inž., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a

² Miroslav Kuburić, dipl. geod. inž., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a

Drugim rečima registrovanje zemljišta odgovara na pitanje: KO i KAKO, a katastar: GDE i KOLIKO." [6]

Katastar je po svojoj prirodi konzervativna institucija i retko se menja.

Međutim, poslednjih 30 godina beleže se velike promene. Šezdesete i sedamdesete godine karakteriše intenzivna gradnja. Na vangrađevinskim područjima grade se brojni objekti vangradske infrastrukture: putevi, dalekovodi, hidromelioracioni sistemi i sl.

Još je intenzivnija gradnja u gradovima. Prvo, rade se urbanistički planovi i projekti, a zatim grade se stambeni i industrijski objekti i prateća infrastruktura. Urbanistički zavodi i projektanti postaju glavni korisnici podataka katastra. Potrebe grada čak utiču i na proširivanje katastarskog sistema sa katastrom zgrada i vodova, uz stalne zahteve korisnika za redovno održavanje, odnosno za snimanje novoizgrađenih objekata.

Zbog mnogobrojnih informacija koje treba da sadrži, katastar se često naziva i polivalentan (višenamenski) katastar.

Naš katastar je sličan srednjeevropskom jer vuče poreklo od njega, ali uočavaju se i razlike jer se razvijao specifičnim uslovima (karakter oblika svojine, poreski sistem). Naravno, da se ovo moralo odraziti na samo stanje katastra koje je dosta nepovoljno. [8]

1.2. Društvena svojina

Društvena svojina je imala odlučujući uticaj na razvoj katastra i zemljišne knjige. Naime, prema Ustavu SFRJ iz 1972. godine, društvena svojina je dobro od opšteg interesa koje "pripada svakom članu društva i svima zajedno, a nikom u celosti i nikom isključivo".

Propisima je predviđeno da se nekretnine u društvenoj svojini moraju upisati u zemljišne knjige i druge javne knjige. Međutim, sve promene nastale po zakonima o agrarnoj reformi, poljoprivrednom zemljišnom fondu, eksproprijaciji i drugim merama, nisu sprovedene.

Zbog toga je stanje evidencije o društvenoj svojini od početka izrazito loše. Evidenciju o društvenoj svojini je trebao da vodi i opštinski organ, nadležan za imovinsko-pravne poslove, ali i to nije funkcionisalo iz više razloga (nezainteresovanost korisnika, nedovoljna kadrovska stručnost i dr.), odnosno može se reći da je ključni razlog što nisu otklonjeni uzroci nebrige o društvenoj svojini, tj. nije rešen njen pravni status!

Posebnu specifičnost društvene svojine u gradovima dao je Zakon o nacionalizaciji. [9] Da bi se urbanizacija iz 60-tih lakše sprovedila, donet je pomenut Zakon. Nakon nacionalizacije građevinskog zemljišta, raniji vlasnici postaju korisnici svog zemljišta, a stvarni vlasnik postaje opština.

Posledica je da najveći deo novopodignutih objekata nije registrovan ni u katastru ni u zemljišnoj knjizi (čak i danas mnogobrojni stanovi se u zemljišnoj knjizi vode na građevinska preduzeća).

1.3. Katastarski premer zemljišta

Od svog nastanka moderni katastar je naslonjen na podatke premera zemljišta. Osnovni principi premera sadržani su još u Napoleonovom dekretu iz 1807. godine u kojem se kaže da se premerom utvrđuje: položaj, oblik, veličina i vlasnik (korisnik) svake parcele. Siguran položaj svake parcele i njene geometrijske veličine dobijaju se naslanjanjem merenja na geodetske mreže. [2]

Treba reći da je:

- više od 50% premera "mlađe" od 40 godina;
- veći deo premera je izrađen numeričkim metodama.

Po tome je Srbija bez premca u Evropi. Međutim, stanje premera je izuzetno loše: geodetske mreže su zastarele, a ogroman broj promena nije sproveden kroz elaborat, što daje sasvim drugu sliku o premeru.

Svakako, najveći broj promena je na nacionalizovanom građevinskom zemljištu zbog karaktera društvene svojine.

Tek, održavanjem premera i katastra daleko prevazilazi okvire geodetske službe, a ujedno predstavlja neophodnu kariku ka formiranju prostornih informacionih sistema.

1.4. Katastar zgrada i vodova

Osnovni sadržaj svakog premera čine podaci o parcelama. Međutim, razvojem gradova proširuje se sadržaj premera. Najpre 60-tih godina premer se proširuje katastrom vodova, a od 1988. godine izvođenjem jedinstvene evidencije uvodi se i katastar zgrada.

Nivo razvoja katastra vodova u Srbiji karakteriše velika šarenolikost, od katastarskih opština sa urednom i ažurnom evidencijom o svim vodovima pa sve do slučajeva gde katastar vodova nije još ni u povoju. Slično kao i sa katastrom zemljišta, odnosno katastrom nepokretnosti, razvijenost opštine, opremljenost geodetskih službi i ažurna evidencija o vodovima u direktnoj su vezi.

Pored nekih objektivnih razloga za to kao što su nepoštovanje ili izostanak izvesnih zakonskih odredbi, usled kojih je dolazilo do zaobilženja katastra u vođenju evidencijr kako o objektima tako i o vodovima, pa sve do već toliko puta spominjane i kao alibi apostrofirane činjenice u kakvom smo teškom vremenu živeli i radili proteklih petnaestak godina, postoje i oni koji su uticali da katastarska evidencija ostane u veoma nezavidnom položaju sa aspekta postojanja i stanja ažurne evidencije, mada je to u koliziji sa opštim društvenim interesom.

Na mestima gde egzistiraju prikupljeni podaci o vodovima okarakterisani su sa visokim kvalitetom u geometrijskom smislu, dok su oskudni u formi opisnih podataka. Od svih predviđenih grafičkih i alfanumeričkih prikaza vodova u većini službi za katastar nepokretnosti evidencija se svodi na geodetski plan vodova (plan pojedinih vodova, plan svih vodova i pregledni plan svih vodova), dok se opisni podaci kao i podaci o položaju

vodova u poprečnom preseku ulice uglavnom nalaze u vidu projekata kod samih korisnika pojedinih vodova.

Osim visokog kvaliteta prikazanih podataka, planove vodova takođe karakteriše i velika preopterećenost proistekla iz činjenice da se čuvanje podataka i održavanje samog voda (praćenje svih vrsta promena na vodu) vršilo direktno na njima.

Još jedan od problema šarenolikosti stepena razvoja katastra vodova je i činjenica da se njegovo uspostavljenje finansiralo u velikom procentu iz sredstava samih korisnika, a manjim delom su sredstva obezbeđivana iz opštinskih budžeta, pa se i u ovom segmentu mogu izvući korelativne veze između stepena razvoja same opštine i uredenosti katastra vodova.

Dakle, katastar vodova u Srbiji je nedovoljno razvijen i vrlo često neopravdano zapostavljen što iz nedostatka sredstava njegovog finansiranja, što zbog teškog položaja preduzeća koja bi trebalo da snose veći deo troškova njegovog uspostavljanja, a i zbog nedovoljnog i pomalo površnog sagledavanja važnosti i uloge sveobuhvatnih informacija o vodovima.

Dakle, katastar vodova iako veoma perspektivna, a u nekim sredinama gotovo i neophodna evidencija, globalno gledano, (sem u nekim većim centrima kao što su Beograd, Novi Sad, Subotica i dr.) u veoma lošem stanju i kao tako predstavlja podlogu ograničenog kvaliteta i limitiranih mogućnosti koju je dosta teško videti kao deo nekog multidimenzionalnog sistema kome on treba da da prostornu komponentu.

Što se tiče katastra zgrada i njegov značaj je izuzetno velik. Podaci o zgradama potrebni su mnogobrojnim korisnicima (urbanizam, razna planiranja, osiguranja, banke, komunalna politika i dr.).

Generalno gledajući, kod nas i katastar zgrada i katastar vodova su još u početnoj fazi razvoja.

2. ULOGA KATASTRA U PLANIRANJU I IZGRADNJI GRADSKOG PODRUČJA

Katastar u izgradnji gradskih područja ima izuzetno važnu ulogu. Međutim, promene koje su se dešavale u gradovima, dale su osoben pečat i samom katastru. Šezdesetih godina urbanizacija kod nas dobija razmere, nezabeležene u Evropi. Počinje gradnja velikog broja stanova i prateće infrastrukture.

Nakon nacionalizacije građevinskog zemljišta, raniji vlasnici postaju korisnici svog zemljišta, a stvarni vlasnik postaje opština, koja sada slobodno raspolaže zemljištem za gradnju i za realizaciju urbanističkih planova. Otvaraju se mnoge nove ulice, gradi se veliki broj stambenih objekata, podižu se čitava naselja i industrijske zone – a da te promene ne prati ni katastar ni zemljišna knjiga. Čak se i donose propisi koji to sprečavaju, mada su u suprotnosti sa važećim zakonima o premeru i katastru. [2]

Tako je Zakonom o urbanističkom i prostornom planiranju ("Službeni glasnik SR Srbije", br. 30/65) ONEMOGUĆENO snimanje faktičkog stanja.

Ako se još zna da je divlja gradnja u gotovo svim gradskim jezgrima doživela gotovo neslućene razmere, jasno o kakvom se katastrofalnom stanju radi.

3. KATASTAR SUTRA

Katastar je u toku reformi širom sveta, posebno u zemljama u tranziciji. Zajednički glavni ciljevi tih reformi su:

- modernizacija katastra;
- poboljšanje usluge korisnicima;
- obezbeđenje podataka sa većom tačnošću i pouzdanošću. [1]

Na kongresu FIG (Internacionalna federacija geodeta) u Melburnu 1994. godine, u okviru Komisije za katastar i upravljanje zemljištem (Komisija 7), razmotren je očekivan razvoj katastra u narednih 20 godina, te je takva vizija katastarskog sistema nazvana Katastar 2014.

Može se reći da se reforme katastra moraju izvršiti, jer s jedne strane društvo se drastično menja u zadnjih nekoliko decenija (primer: zemlje Istočne Evrope), a s druge strane veliki je pritisak na katastre da svoje usluge pružaju jeftinije, brže i prilagođenije potrebama modernog vremena. [1]

Izdvajaju se osnovna načela:

- katastar će velikim delom biti privatizovan;
- katastar će se samofinansirati;
- katastar će u celosti prikazivati pravno stanje zemljišta;
- izrada katastarskih planova će odumreti;
- nova računarska tehnologija izbaciće papir i olovku. [6]

Dobre strane:

- naš katastar počiva na dobrim temeljima, na najboljoj tradiciji srednjeevropskog katastra, što bitno olakšava uključivanje u nove tokove razvoja.

Loše strane:

- zemljištu se još ne pridaje dovoljan značaj;
- nedefinisan je pravni status društvene svojine;
- ogroman je broj promena na nekretninama;
- sadržaj premera je preopširan;
- kadrovska i finansijska osnova je nedovoljna;
- nerealno sagledavanje u zakonima mogućnosti razvoja katastra.

I na kraju umesto zaključka treba reći:

Na više sastanaka Komisije za katastar i upravljanje zemljištem i Radne grupe za zemljišnu administraciju u okviru Evropske ekonomske komisije, data je definicija zemalja u tranziciji.

One treba da ispune tri glavna uslova:

- razvoj demokratije;
- prelazak sa centralno-planirane privrede na tržištu;
- razvoj tržišta nepokretnosti.

Razvoj tržišta nepokretnosti podrazumeva PRIVATNU SVOJINU. Znači, posle denacionalizacije gradskog građevinskog zemljišta i mi ćemo imati uslove za puni razvoj tržišta zemljišta-nepokretnosti. To će biti PRELOMNI MOMENAT ZA RAZVOJ NAŠE STRUKE I IZMENU NJENOG POLOŽAJA U DRUŠTVU. [5]

LITERATURA

- [1] Dale, P.: Land information management in less developed countries Kadasetr in Perspectief, Apeldoorn, 1995.
- [2] Gostović, M.: Ka novom katastru, Beograd, 1995.
- [3] Gostović, M., Joksić, D.: Pravci daljeg razvoja katastra - aspekti organizacije i organizovanja, Geodetska služba broj 73, Beograd, 1995.
- [4] Joksić, D., Gostović, M., Miladinović, M.: Koncept razvoja katastra u Jugoslaviji i njegova realizacija, Geodetska služba broj 85, Beograd, 1999.
- [5] Gostović, M.: Prilog razmatranja strategije razvoja geodetske struke, Geodetska služba broj 89, Beograd, 2002.
- [6] Kaufmann, J.: Cadastre 2014, a Vision for a future Cadastral System, FIG, 1998.
- [7] Trifković, M.: Uređenje seoskih područja komasacijom, Beograd, 2001.
- [8] Trifković, M.: Razvoj modernog katastra u Srbiji, Monografija: Građevinarstvo Srbije na početku 21. veka - stanje i pravci razvoja, Savez građevinskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd, 2002.
- [9] Zakon o nacionalizaciji, "Službeni list SFRJ", broj 4/59.

THE IMPORTANCE OF REAL ESTATE REGISTRY IN PLANING AND URBAN AREA CONSTRUCTION

*Summary:*In this paper the importance of real estate registry has been described in spatial planning especially in our country. It is emphasized that our real estate registry developed following the example of East European countries, but it was also additionally burdened by specific problems resulted from the policy of our country itself.

Key words: real estate registry, construction, urban area

URBANITET KAO OBELEŽJE GRADSKOSTI

Jelena B. Velev¹

UDK:711.61

Rezime: U ovom radu izvršena je analiza promena u strukturi Trga Sveti Sava u Nišu. Većiti problem mešanja različitih (kompatibilnih i nekompatibilnih) sadržaja na jednom prostoru ostavio je posledice i u ovom slučaju. Do kakvih se rezultata stiglo pokušalo se pokazati kroz definisanje pojma urbaniteta i sagledavanjem nekih aspekata uzroka njegove degeneracije.

Ključne reči: gradski trg., urbanitet, uzrok

1. UVOD

Kakve su posledice na sam grad, njegovo urbanističko planiranje i izgradnju ukoliko dođe do urušavanja urbaniteta, problem je kojim se ovaj rad bavi kroz konkretan primer urbanističkog planiranja, dizajna i izgradnje – Trga Sveti Sava - na lokaciji u širem centru grada Niša, i njegovo pretvaranje u sitne “privatne posede”. Ovaj prostor je predviđen kao park za rekreaciju, za deo grada sa velikom gustinom naseljenosti i stambenim blokovima sa oko 90 % zastupljenim kolektivnim stanovanjem. Posle dvanest godina od njegove izgradnje svedoci smo slike koja predstavlja svojevrsno mešanje različitih funkcija. Na 68.ha. površine nailazimo na više ili manje uspešno realizovane serijale ugostiteljstva, trgovine, sitnih usluga, sakralnih obreda i konačno “rekreacije”.

Ovaj rad pokušava da pokaže, kroz svoju temu, koji su krizni momenti u društvu koji su doveli do ovih disbalansa, ali stavljajući u prvi plan pojam urbaniteta kao osnovnog preduslova za pravilan i zdrav razvoj grada. Samim tim način na koji je došlo do urušavanja urbaniteta trebalo bi da nam da pouku i uputi nas na njegovu regeneraciju.

2. URBANITET KAO OBELEŽJE GRADSKOSTI

Ako se želi raspravljati o urušavanju urbaniteta smatram da je najpre neophodno tačno definisati sam pojam “urbanitet” i odrediti koje karakteristike i vrednosti on za nas predstavlja.

¹ Jelena B. Velev, dipl inž arh., Građevinsko - arhitektonski fakultet Niš, Aleksandra Medvedeva 14, tel: 554-300,
e-mail: velev@medianis.net

Pojam urbaniteta kao obeležja "gradskosti" ne vezuje se samo za fizički prostor grada, za teritorijalnu pripadnost grada, već se može reći da predstavlja kvalitet i prostora i ljudi u njemu.

„Urbanitet znači znati izgraditi grad i živeti u tom gradu”- definicija je na koju se oslanja ovaj rad. Ističe se takođe, da urbanitet naglašava harmonični oblik urbanih intervencija tražeći da postavi ljude u odnos prema gradu kroz kulturu i "duh mesta" koji predstavlja njegovu osobenost, sećanja, sukobe i promene izražavajući istovremeno i podstičući životni stil i stremljenja negovih stanovnika./1/

Po ovome možemo zaključiti da je duša presudno obeležje urbaniteta, tj. sami ljudi su tvorci identiteta mesta na kome žive, kreću se i ostvaruju međusobni kontakt, a okolnosti urbaniteta su mogućnosti nekontrolisanja, nepredvidivosti i spontanosti./2/

Značajan deo svake definicije gradskog čini spoznaja da gradovi dozvoljavaju različitost, daju joj privilegiju i ohrabruju je.

3. URUŠAVANJE URBANITETA - činilac razaranja javnih slobodnih prostora

Urbanitet kao obeležje javnog gradskog prostora u današnjim gradovima razvijenih sredina, obuhvata: (1) visoku frekvencu spontanosti, susreta različitih i nepoznatih ljudi, često stranaca; (2) visoku frekvencu i promene različitih i jedinstvenih poslovnih sadržaja. Na osnovu prethodno utvrđenih vrednosti i okolnosti u kojima je moguća egzistencija urbaniteta mogu se navesti mehanizmi urušavanja urbaniteta u pomenutim sredinama: /3/

- Na području *ekonomije* – formiranje lokalne skale kretanja kapitala u skladu sa globalizacijom tržišta
- U odnosu na *politiku* važe ista pravila uz dodatak sledećeg – urbanističko planiranje treba da redukuje različitosti; institucionalizacija življenja i gradskog prostora vrši se kroz servise koji su nametnuti "odozgo" i na centralizovan način.
- U domenu *kulture* - povećanje vremena koje se provodi kod kuće, korišćenje usluga u kući umesto u gradu.

Ono što je po mom mišljenju najopasnije (konkretno u mom primeru) to je stavljanje ličnog interesa iznad interesa zajednice kojoj su namenjeni za korišćenje javni prostori. Ako neko vlada "našim" jedinim slobodnim prostorom koji nam je namenjen, osećaćemo se otuđeno i usamljeno u tom velikom gradu.

4. OSVRT NA PROBLEM - promena namene planiranog reonskog rekreativnog centra

Današnji Trg Svetog Save u Nišu je prostor koji je bio predviđen za reonski rekreativni centar. Od 1991.god. počinje oivičavanje parkovskog prostora sitnim trgovinama na inicijativu gradske vlade sa motivom razvoja male privrede. Uprkos inicijativi građana da

/1/ Elin, Nan.: *Postmoderni urbanizam*. str. 126

/2/ Richard Sennett kod Gronlund-a

/3/ Bazik, Dragana *Unapređenje javnog gradskog prostora*

ovo područje zadrži samo rekreativnu funkciju, izgradnja trgovinsko uslužnih objekata uzima maha. Naknadno se 1993.god. raspisuje konkurs za konačno oblikovno rešenje trga i na taj način se konstatuje njegovo pretvaranje u sitne "privatne posede". /4/ GUP-om iz 1995. na prostoru ranijeg Trga Ujedinjenih nacija (sada Trgu Svetog Save) u ranijem Bulevaru Lenjina (sada bulevaru Nemanjića) bio je planiran Reonski rekreativni centar naselja Krive Livade-Krivi vir. U međuvremenu na tom prostoru izgrađen je veći broj privremenih trgovinskih objekata po obodu trga, a u centralnom delu uređen park. 1999. god. kreće se i sa izgradnjom pravoslavnog hrama u sredini zelene površine ovog trga, tako da on poprima još jedno novo obeležje ali ponovo u saglasnosti sa gradskim vlastima /5/, iako načela za uređenje javnih prostora /6/. utvrđuju da se uređenje prostora zasniva na usklađenosti socijalnog razvoja, ekonomske efikasnosti i zaštite i revitalizaciji životne sredine i zaštiti prirodnih, kulturnih i istorijskih vrednosti.



Trg Svetog Save u Nišu

Prvim izmenama i dopunama GUP-a vrši se usaglašavanje namene površina i planirani Reonski rekreativni centar menja namenu u Centar naselja, sa poslovnim i trgovinskim objektima sa istočne i južne strane, crkvom Sv. Konstantina u centralnom delu, okruženom parkom, kako je i rešeno Regulacionim planom ovog kompleksa./ 7/ Na osnovu ovoga sasvim nam postaju jasne slike današnjeg Trga.

/4/ Ilić, Mile: *Zapisano – ostvareno str.* 224

/5/ GUP-Niš 1995-2001

/6/ Zakon o planiranju i izgradnji

/7/ GUP-Niša 1995-2001



Pogotovo u letnjim mesecima on dobija karakter pravog “vašarišta”, bučnog do duboko u noć, a ostao je lišen svog primarnog kvaliteta koji je posedovao, a to je svakako prijatno i mirno mesto za odmor.



Ovo samo potvrđuje da je i mešanje različitih funkcija međusobno nekompatibilnih i ne potpuno adekvatnih za ovaj prostor, došlo u okolnostima kada nisu u startu poštovana pravila građenja za planiranu namenu prostora jer je interes pojedinaca došao u prvi plan. Konačno, urbanitet kao napred definisan pojam, ovde je dostigao svoju kritičnu tačku na konkretnom primeru. Gušenje spontanosti razvoja ovog područja, shodno njegovim osobenostima, duhu, kulturnom i istorijskom okruženju, dovelo je do urušavanja ur-

baniteta kao obeležja kvaliteta života, a činjenice pokazuju da su sloboda i pravo ljudi da odlučuju o prostoru u kome žive i provode slobodno vreme uskraćene na račun interesa vlasti i na taj način je onemogućen pravilan i zdrav razvoj grada koji bi svakako trebalo da bude osnovni cilj urbanističkog planiranja.

5. PREPORUKE ZA REGENERACIJU URBANITETA

Svakako se nebi moglo raspravljati o potpunoj jednakosti ljudi niti bi ona na kraju dovela do različitosti koja je nama jedan od postavljenih uslova. Možete imati zajednicu u kojoj ljudi poštuju jedni druge i odgovaraju jedni drugima samo zahvaljujući tome što su izgubili međusobne granice. Umesto granica je nastao stimulator koji znači rađanje odluke o otporu dominaciji velikih društvenih poredaka, interesa pojedinaca nad interesima zajednice, predstave o hijerarhiji ili separaciji.^{/8/} – što svakako može predstavljati interesantan mehanizam za uspostavljanje pravilnih odnosa, konačno i u urbanističkom planiranju i dizajnu a naročito javnih, zajedničkih prostora.

Pri tome treba voditi računa da ne dođe do ponavljanja greški iz prošlosti kada je urbanitet ustanovljen Atinskom poveljom »pokazao izuzetnu kompatibilnost sa komunističkim totalitarnim ideologijama i režimom« kroz glorifikaciju kolektiviteta, destrukciju ideja i realnosti gradskog urbanog tkiva, izazivanje krize identiteta, neostvarivost iskonskih potreba čoveka i drugog.^{/9/}

Proces regeneracije urbaniteta podrazumeva definisanje integralne politike koja objedinjuje i globalni i lokalni nivo kroz međusektorske relacije u domenu ekonomskog, društvenog, ekološkog i institucionalizovanog razvoja, izražene sledećim principima održivosti: (1) društveni progres uz prepoznavanje potreba svih; (2) oživljavanje identiteta prostora; (3) efektivna zaštita životne sredine; (4) pažljivo korišćenje prirodnih resursa.

Očuvanje životne sredine i identiteta prostora, i ekonomski ciljevi su često sagledavani kao suprotstavljeni u koliko su analizirani kratkoročno. Zbog toga razmatranjem ekonomskih, envajormentalnih i društvenih aspekata razvoja, formirati principe ukupnog unapređenja kvaliteta življenja, umesto usvajanja parcijalnih ciljeva kao što su maksimiranje kratkoročnog ekonomskog razvoja ili poboljšanje pojedinačnih elemenata životne sredine.^{/10/}

Svetsko iskustvo u implementaciji navedenih polaznih opredeljenja ukazuje na dodatne dimenzije promovisanja regeneracije urbaniteta na lokalnom nivou, odnosno, u različitim kontekstima ^{/11/}:

- adekvatan odnos prema inicijalnom urbanom dizajnu i studiji opravdanosti urbane regeneracije;
- upravljanje fizičkim aspektima regeneracije uz minimiziranje posledica po stanovnike;
- maksimiranje učešća stanovnika, posebno u fazi (a i ranije) projektovanja;
- definisanje sistematičnog i strateškog okvira dugoročnih i kontinualnih aktivnosti lokalne zajednice posle realizacije programa regeneracije.

^{/8/} Richard Sennett kod Gronlund-a

^{/9/} Mišković, Dragana. časopis *Republika* broj 252-253

^{/10/} Group of authors: Sustainable Regeneration

^{/11/} Group of authors: Regeneration That Lasts

Što se tiče mog konkretnog primera, za početak rada na obnovi urbaniteta može se iz GUP – a izvući jedina brza i efikasna preporuka, kao vodilja urbanom dizajnu - član 11.10 .8. o ulepšanju javnih prostora, koji kaže: Potrebno je sprovesti dve vrste mera za oslobađanje javnih prostora od neadekvatne, ružne, neukusne urbane opreme i sadržaja (kiosci, terase i bašte ugostiteljskih objekata neprimereni prostoru u kome se nalaze), a drugo je postizanje jedinstvenog i kontrolisanog uređenja ovih prostora.

6. ZAKLJUČAK

Po svemu sudeći do ovakve situacije na primeru Trga u Nišu, došlo je u najvećoj meri zbog nametnute hijerarhije interesa, koja nije dozvoljavala spontanost i oslanjanje na prirodne tokove razvoja samog naselja. Ono što možemo izvesti kao zaključak ovog istraživanja je da se urbano planiranje u ovom slučaju pokazalo kao alat za postizanje željenih ciljeva i vizija određenih aktera na vlasti i kao takvo ostavilo vidne posledice na kvalitet života. Ono što su stanovnici verovatno “zauvek” izgubili jeste – rekreacija, ali na račun nje trebalo bi im pružiti barem kvalitetnu urbanu sredinu.

Složila bih se sa mišljenjem da se današnji urbani dizajn suočava sa velikim izazovom usklađivanja brojnih vizija u "partnerstvu za urbanu sredinu", jer se pitanje kolektivne kreativnosti usredsređuje na proceduru dijaloga među akterima u procesu.

Novi podsticaji proizilaze iz dijaloga koji ne isključuje maštu i imaginaciju nego ih prepliće i usklađuje sa preduzetničkim inicijativama suočenim pravilima državne administracije, lokalnih gradskih vlasti, finansijskih institucija što bi trebalo da izvede na pravi put, da se izbegnu greške nastale u prethodnom periodu. Naravno, neizbežna je i uloga trećeg sektora, udruženja građana i nevladinih organizacija, a to je i osnovna težnja današnjeg savremenog društva.

BIBLIOGRAFIJA

- [1]Bazik, Dragana Unapređenje javnog gradskog prostora kao elementa urbane regeneracije, (skripta sa predavanja), Arhitektonski fakultet u Beogradu, 2004.
- [2]Elin, Nan.: *Postmoderni urbanizam*. Orion-art, Beograd, 2002.
- [3]GUP-Niša 1995-2001
- [4]Group of authors: Sustainable Regeneration: Good Practice Guide. Office of the Deputy Prime Minister, UK, October 1998.
<http://www.urban.odmp.gov.uk/publications/gp/sustainable/index.htm>
- [5]Group of authors: Regeneration That Lasts. Office of the Deputy Prime Minister, UK, December 2000
<http://www.housing.odpm.gov.uk/research/lasts/index.htm>
- [6]Grönlund, Bo.: Introduction to a seminar on Richard Sennett:” *Transformations of the concept of urbanity*”, at the Urban Design Department at the School of Architecture in Copenhagen in the spring of 1997.
http://www.hjem.get2net.dk/gronlund/Sennett_ny_tekst_97kort.html
- [7]Ilić, Mile: *Zapisano – ostvareno*, (monografija), Prosveta, Niš, 1993.
- [8]Mišković, Dragana. časopis *Republika* broj 252-253; 17.07.2002 - članak: *Kultura*
- [9]Zakon o planiranju i izgradnji

URBANITY AS A SYMBOL OF CITYNESS

Summary: *In this paper an analysis of changing the structure of Sveti Sava Square in Nis is presented. As it was expected, the existing problem of combining various (compatible or non-compatible) contents at one place was seen to have appeared in this case. Some aspects of the causes of this degeneration were taken into consideration and all main terms with respect to urbanity were tried to be defined, too.*

Key words: *square., urbanity, cause*

PROJECT MANAGER – STVARANJE TIMA

Dragan Arizanović¹

UDK: 69:658.5

Rezime: Priroda odnosa članova tima, kako prema zajedničkim i parcijalnim zadacima tako i međusobno, čini ih ključnim za podizanje nivoa upravljivosti projekata. Svaki propust u selekciji članova tima i njihovom brzom sinhronizovanju se odražava kao poremećaj čije otklanjanje može na listi prioriteta zameniti borbu za očuvanje rokova i kvaliteta. Cilj rada je sagledavanje potreba i zadataka u oblasti HR management-a koji se nameću građevinskim inženjerima koji upravljaju projektima. Pretpostavke su da tokom svog školovanja moraju biti osposobljeni za ovu grupu nezaobilaznih zadataka a da u dosadašnjoj praksi nije bilo dovoljno razumevanja za taj segment edukacije, ni mesta u fakultetskim programima rada.

Ključne reči: Upravljanje projektima, rukovodioc projekta, selekcija i vođenje tima

1. UVOD

Kako najčešće nastaje problem u toku realizacije projekta? Tako što se “na pogrešnom mestu, u pogrešno vreme, nađe pogrešan čovek”. Prilično jednostavan odgovor i za naše podneblje gotovo unapred prihvatljiv. Ali, mnogo je manje važno da li je on jednostavan i-ili prihvatljiv, od toga da li takav odgovor može biti zadovoljavajući za menadžera projekta. Jer, od njega se očekuje i zahteva da se “na pravom mestu, u pravo vreme, nađe pravi čovek”.

Formiranje projektnog tima je najvažniji i najkritičniji aspekt delovanja rukovodioca projekta. Ukoliko se pođe od pretpostavke da je, blagovremenom analizom obuhvata posla i niza uslova i ograničenja, menadžer projekta pripremio sveobuhvatan dinamički plan radova, preostaje da se opredeli prema pitanju ko je najbolji izvršioc koji će se “na tom poslu pojaviti u to vreme”. Tako se vraćamo na temeljnu istinu organizacije svakog posla: za uspešnu realizaciju zadatka je ključno da bude dodeljen “pravom čoveku”. Ovo stoga što se upravljanje procesima koji su deo pomenutog sveobuhvatnog plana vrši na mezo i mikro planu; na nivou rukovodilaca organizacionih jedinica nižih nivoa i na nivou svih radnika koji su neposredno uključeni u tehnološke procese transformacije materijala, poluproizvoda i proizvoda u nove proizvode više upotrebne vrednosti.

Zašto je veština formiranja i vođenja tima ključna za njihov uspeh? Zato što se grupa ljudi, vrlo različitih pojedinaca, mora okupiti oko zajedničkog cilja, mora se fokusirati na njega iako svaki član tima, naoružan različitim nivoom znanja i iskustva, sinhrono sa drugima, mora obaviti svoj deo posla i pokazivati lojalnost timu i svom rukovodiocu. Rezultat kvalitetno formiranog tima je timski duh, snažno osećanje pripadnosti kolektivu

¹ dr Dragan Arizanović, dipl.inž.građ., Građevinska direkcija Srbije, Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 84, tel.: 3209-841, e-mail: arizani@eunet.yu

koji deli ista moralna i poslovna načela i kroz vreme uspešno prevazilazi probleme ostvarujući zadate ciljeve. Dobro ukomponovan tim ne pati od nedostatka kreativnosti pojedinaca, jasni ciljevi daju mu šansu da afirmiše planiranje i razvoj i razvije efikasnu motivaciju a čista organizaciona struktura uvodi adekvatno upravljanje i stvara prostor da se adekvatno nagrađivanje ustalilo kao generator unapređenja organizacione kulture.

2. KARAKTERISTIKE PROBLEMA

Članovi tima moraju na direktan i jednoznačan način upućeni u zahteve zajedničkog (međuzavisnog) rada, u njegov smisao i obaveze koje podrazumeva, u stepen lične odgovornosti za funkcionisanje tima i posledice koje nastaju ukoliko se odgovornost ne ispolji. Pravilno saopštena, opisana poruka stvara takmičarski duh koji može generisati i (zdrav) konflikt članova tima. Ukoliko svaki radnik nije posvećen poslu i koncentrisan na precizno izvršenje svih onih radnji koje propisana tehnologija podrazumeva za određenu poziciju posla, možemo očekivati da će kvalitet i te i nekih narednih pozicija posla (sa kojima je posmatrana pozicija u tehnološkom nizu) biti ugrožen, narušen ili doveden na nivo škarta. Zahtevana sposobnost se na nivoima poslovođa, šefova gradilišta i sličnim pokazuje kao uslov da odstupanje ritma rada od projektovanog, ili odsustvo nekog resursa neophodnog za proces rada ili... budu blagovremeno uočeni i preduzete sve korektivne mere da se taj segment projekta ne pokvari.

Kvar je "iskakanje" nekog od parametara iz radnog opsega (intervala) njegovih vrednosti propisanog tehnologijom predmetnog procesa. Za menadžera je sve višestruko složenije jer je njegov zadatak da upravlja ljudima, koji upravljaju procesima, koji rezultiraju kvalitetom kvantiteta → profitom. A to je cilj poslovnog poduhvata. Zato upravljačke aktivnosti podrazumevaju da se "kvar" eliminiše pre svega preventivno (profilaktički) tako što se izvršiocima (u skladu sa kvalitetima kojima raspolažu) raspoređuju na određene pozicije u sistemu ali, u slučaju potrebe, i interventno – zamenom izvršioca koji je doveo do kvara kako ne bi došlo do otkaza sistema. Osobine koje saradnika menadžer projekta mora imati u vidu pre nego što im dodeli obaveze i prava da, na bazi delegirane odgovornosti, rukovode delovima složenog projekta su:

1. personalne karakteristike (obrazovanje, iskustvo...),
2. sistem vrednosti koji sam poštuje i ispoljava u odnosu sa okruženjem,
3. različiti radni uslovi i njihovi efekti na rezultate rada koji su od posebnog značaja za tim i firmu,
4. način i okolnosti u kojima najviše utiče na druge učesnike u poslu,
5. personalni i grupni ciljevi za koje je spreman da se zalaže i bori,
6. slabosti i način kako ih prikriva ili neutrališe da se ne odraze na druge,
7. okolnosti pod kojima ispoljava slabosti i način kako reaguje pod stresom,
8. koja je struktura i intenzitet strahova koji utiču na njegove reakcije,
9. kako se može uticati na njegovu motivisanost i porast efikasnosti...

3. ZADATAK MENADŽERA

Da bi mogao prepoznati ove osobine i koristiti ih u cilju uređenja odnosa menadžer mora biti odgovarajuće edukovan i podržan od specijalizovanih stručnjaka kadrovske službe sa kojima se i inače traže odgovori na pitanja:

1. kako selektirati odgovarajućeg izvršioca za neku grupu poslova,
2. kako urediti odnose u timu da se "hijerarhijske vertikale i horizontale" prepoznaju i održavaju kao prirodno a ne nametnuto stanje odnosa u poslu,
3. kako izgraditi odnose da razmena informacija bude potpuna i blagovremena,
4. kako stvoriti dobru radnu atmosferu, izgradi pobjednički duh i motivisati sve saradnike da, uprkos poteškoćama, požrtvovano streme zadatim ciljevima...

Da li je opisani "paket" pitanja i zadataka endemske prirode, t.j. karakterističan za ovo podneblje? Sigurno ne, jer je organizacija u poslu sa svim ovim sistemskim, personalnim i drugim posledicama po učesnike univerzalnog karaktera, ali se na našim prostorima promena poslovnih odnosa (kroz primenu upravljačkih tehnika i metoda) sudara s jakom inercijom tradicionalnih, konzervativnih stavova spregnutih sa višegodišnjim padom motivacije za hrabrij, kreativan odnos prema poslu i dinamici okruženja.

Inženjeri koji upravljaju procesima i ljudima u procesima moraju shvatiti da, kao što postoje formule za odnose u mehanici, hemiji i ekonomici, tako postoje i **formule** u organizaciji poslova. I što se pre oslobode nagona za improvizovanjem odnosa u poslu, utoliko će brže postići da one formule u mehanici, hemiji i ekonomici daju očekivane, tačne rezultate. A što se više takvih inženjera nađe na mestima odlučivanja o bitnim pitanjima, utoliko će se brže odvijati proces vraćanja konkurentnosti i komparativnih prednosti našeg graditeljstva.

Zadatak menadžera projekta da uredi odnose u poslu nije egzotičan, niti ima opcionalni karakter već je **uslov** preživljavanja na tržištu. Ukoliko se u procesima ne superponiraju kreativne, školovane i iskusne snage firme dolazi do migracija dragocene supstance ka drugim firmama u zemlji a sve više i ka inostranstvu. Za kvalitetne saradnike se svaki menadžer mora izboriti a o ukupnoj politici u toj sferi mora brinuti top-menadžment jer važi pravilo da "**prvorazredni** šefovi biraju **prvorazredne** saradnike, a **drugorazredni** šefovi biraju **trećerazredne** saradnike". No, čak i izbor adekvatnog saradnika neće dati pun spektar koristi ukoliko taj čovek nije u mogućnosti da se "realizuje" u skladu sa svojim sposobnostima. Naime, većina ljudi želi da ostvaruje uspeh i na dnevnom planu pa ih imenovanje na pozicije na kojima nema svakodnevnih obroka uspeha s vremenom čini frustriranim i nezadovoljnim uprkos svim počastima koje donosi data pozicija u hijerarhiji. Proces samoocenjivanja je mnogo brži od periodične provere uspešnosti, pa menadžerima nije potrebna tabela sa kvartalnim tabelama i dijagramima realizacije da spoznaju svoju (ne)održivost na toj poziciji.

Otklanjanje nedostataka u sferi funkcionisanja menadžera, koje provera ustanovi, nije stvar samo dotičnog menadžera, već i njegovog nadređenog i firme u celini. Odavno je poznato da se mnogo više isplati (mereno i novcem i vremenom) ulagati u edukaciju svih svojih saradnika nego u marketing i istraživanje tržišta kadrova. To se, delimično, može

prepoznati u razlici dveju filozofija pristupa američkog i japanskog menadžmenta pitanju kvalitetnog formiranja tima: dok američki pretežno tretira zaposlenog kao "ciglu u zidu" u japanskoj verziji se zaposleni tretira kao "kamen oblutak", već oblikovan prirodnim procesima i sa puno unikatnih svojstava, koga treba pažljivo proučiti, okretati i naći mu pravo mesto u "zidu". Mesto na kome će najviše doprineti njegovoj čvrstini i lepoti.

4. SELEKCIJA KADROVA

Priroda projekta, vremenski ograničenog poduhvata preduzetog u cilju ostvarenja nekog cilja, nameće **formiranje tima** koji će se u toku vremena suočiti sa svim izazovima na putu do cilja. Menadžer projekta ima zadatak da kriterije za selekciju članova tima definisanje izvrši na bazi detaljnog sagledavanja obima i težine zadataka, uslova i načina njihovog zadovoljenja, mogućih iznenađenja i neminovnih gubitaka koje mogu doneti...

U fazi projektovanja tima i akvizicije prvih saradnika menadžer mora biti sposoban da jasno sagleda i tim saradnicima (sa kojima može da promišlja i definiše ostala kadrovska rešenja) razložno opiše:

1. koji su planirani zadaci kritični i u kom su pogledu zahtevni,
2. koje su sposobnosti potrebne u slučaju potrebe "preuzimanja" zadataka zbog "ispadanja iz lanca" nekog od članova tima,
3. na kojim poslovima se očekuju najčešće greške i kakve mogu biti,
4. koji zadaci su opasni po zdravlje ili mogu zahtevati posebne provere lične osposobljenosti za njihovo izvršenje,
5. koji poslovi mogu biti dodeljeni kao kompenzacija ili motivacija zaposlenih (npr. službeni put u inostranstvo u cilju usaglašavanja tehničkih detalja)...

Da bi se formirao homogen tim nije dovoljno izvršiti kvalitetnu selekciju svih njegovih članova; to je samo neophodan prvi korak a preostali deo posla mora obaviti sam tim. Ipak, selekcija je izuzetno važna i zasniva se na prethodnom, vrlo dugom i celishodnom opažanju ponašanja ljudi angažovanih na različitim zadacima. **Opažanje** je uslov vrlo visokog stepena pouzdanosti predviđanja reakcije nekog zaposlenog u uslovima koji se očekuju na poslu koji treba da mu se poveri. Naravno, preduslov je da menadžer na bazi iskustva i dokumentacije raspoláže dovoljno kvalitetnom slikom tih uslova; u protivnom izbor i očekivanja rukovodioca mogu biti grub promašaj. Posmatranje je neraskidivi deo navedenih osnovnih funkcija menadžera, ali je po prirodi pod uticajem visokog stepena subjektivnosti menadžera koji organizuje svoje saradnike. Na kvalitet opažanja utiču:

1. dužina opažanja (neke, kvalitetne kolege, nemamo prilike ni da upoznamo jer su sve vreme angažovani na drugim, paralelnim projektima),
2. složenost okolnosti (psihička opterećenja) pod kojim se opažanja prikupljaju,
3. sklonost da se opažanja nekritički redukuju i prilagođavaju,
4. sklonost da se posmatranom radniku, samo na bazi nekoliko slučajeva, neke osobine pripišu kao trajne odrednice ponašanja,

5. tendencija da se posmatranoj osobi pripisuju osobine i motivi kojih on nema (predrasude u odnosu na ljude lepog izgleda, određene rase, žene, ljude stare preko 50 godina, pripadnike drugih vera, strane državljanke...),
6. sklonost menadžera da vlastite reakcije usvoji kao poželjne i u tom svetlu prepoznaje i meri reakcije podčinjenih saradnika,...

Treba napomenuti da se, u slučaju većeg broja kandidata za određenu poziciju u timu, mogu organizovati različite vrste provera znanja i sposobnosti (testiranja, probni rad) ali i te provere, kao i pomenute tehnike, podležu raznim uticajima subjektivne prirode.

5. ULAGATI U SVOJE ILI KUPOVATI TUĐE STRUČNJAKE

U fazi projektovanja i formiranja članova tima na bazi selekcije kandidata menadžeru stoje na raspolaganju i specijalisti iz drugih (partnerskih, konkurentskih) kompanija ali je izuzetno važno da se, na pravi način, razmotre mogućnosti i uslovi angažovanja svih već zaposlenih radnika. Ovo stoga što se na više načina daleko korisnijim pokazalo ulaganje u "svoje ljude" nego u akviziciju.

Dinamičan razvoj tržišta zahteva nekonzervativan pristup zapošljavanja ljudi koji u sebi nose tražene kvalitete pa je i kod nas prihvaćena (jer je iznuđena) praksa *ad-hoc* zapošljavanja one vrste stručnjaka čije bi školovanje bilo dugo a mogućnost dugoročnog angažovanja problematična i stoga neisplativa. Sa druge strane, suočena sa manjkom kvalitetne ponude na tržištu, kompanije mnogo češće pokušavaju da prijemom i obukom (retko plaćenim školovanjem) mlađih inženjera formiraju tim za upravljanje projektima.

Zašto je opisana praksa, na duže staze, efikasnija i isplativija? Pre svega, zato što vreme provedeno sa drugim izvršiocima iz firme donosi mlađim inženjerima ne samo praktično iskustvo na datom tipu projekta već, mnogo više, informacije o poslovnoj problematici sa kojom je kompanija suočena, o njenim slabostima i neiskorišćenim potencijalima, pa u trenutku promocije na neko rukovodno mesto oni imaju kompleksnu sliku stanja i vrlo dobru predstavu o procesima koji su to stanje oblikovali.

Vrhunski ekspert, angažovan da "sredi stanje", mora izvršiti dijagnostiku stanja na bazi oskudnih istorijskih podataka pa su njegova rešenja nekad bez adekvatnog "odziva" kolektiva. Uzroke nedovoljne efikasnosti treba tražiti i u predrasudama tih eksperta da se sofisticiranim rešenjima (npr. računarima i softverom) može brzo dobiti odgovarajući progres stanja, da se zamenom kompletnih rukovodnih timova pojedinih odeljenja može poboljšati radna atmosfera...

7. KO JE U TIMU NAJVAŽNIJI

Projekti u građevinarstvu zahtevaju multidisciplinarni pristup i podrazumevaju učešće u timu velikog broja stručnjaka tehničke, finansijske, pravne struke, inženjera zaštite na radu i stručnjaka u oblasti zaštite životne sredine... Uloga svakog od njih je profilisana zadacima koji u datom vremenu moraju biti izvršeni a svi zadaci su deo kompleksnog

plana u kome je broj uzročno-posledičnih veza toliki da je iluzorno meriti nečiju važnost za ukupne efekte projekta. Budžetiranje, procena tokova finansijskih sredstava i praćenje efekata ulaganja nisu zadaci koji se mogu poveriti građevinskim ili drugim inženjerima a ta dimenzija je deo svake inženjerske odluke. Pridavanje važnosti samo jednom aspektu posla i posebna pažnja poklonjena samo izboru inženjerskog (tehničkog) dela tima mogu ostaviti menadžera tima uskraćenog za niz ključnih informacija o toku realizacije posla. Stoga se nijednog trenutka ne sme smetnuti s uma da uspeh donose komunikacija i saradnja, da se otvorenost za ideje kolega uz primereno strpljenje i diplomatsičnost u slučajevima neslaganja moraju očuvati sve vreme, da su problemi pojedinaca mogući uvod u mnogo dublje probleme tima... pa se obuzdavanje ličnih interesa zahteva kao *conditio sine qua non* uspeha tima.

8. ZAKLJUČAK

Za upravljanje projektima važi pravilo „neuspeh u planiranju = planiranje neuspeha“ a formiranje i vođenje projektnog tima je najvažnija uloga rukovodioca projekta. Tu ulogu može ispuniti samo stručnjak čiji su personalni kvaliteti (esencijalni za poslovne efekte koji se traže) spregnuti sa veštinom specijalizovanih savetnika za kadrovska pitanja.

Formiranje tima mora početi u fazi pripreme realizacije projekta. Jedno od pravila u vezi sa formiranjem tima je da nikoga pa ni najbolje ne možete naterati na timski rad (kako se kaže "možete konja povesti na vodu ali ga ne možete naterati da je pije"), pa treba birati ljude čije su znanje i karakterne odlike kompatibilni. Ukoliko tokom projekta dođe do konflikta koji ugrožava timski duh bolje je lišiti se saradnika koji generiše konflikt nego ignorisati opasnost da eskaliranje konflikta ugrozi timske rezultate.

Menadžer projekta mora upravljati procesima na projektu ali biti i svestan procesa koji utiču na efektivnost tima i redovno ispitivati i vrednovati efektivnost svakog saradnika, korigovati ili eliminisati one koji ometaju rad i ne prekidati sa građenjem tima tokom projekta jer formiranje tima traži vreme a greška (ukoliko može) mora biti ispravljena.

PROJECT MANAGER – TEAM BUILDING

Summary: The key factors for improved project manageability are based on the nature of staff members' relationship towards common and individual tasks, and on the relationship they develop among themselves. Each mistake in a staff selection procedure and people's inability to develop an efficient team work may endanger project deadlines and a high quality work. The goal is to recognize job requirements and responsibilities which civil engineering managers have and to respond properly in order to satisfy the human resource management demands. The assumption is that, during the course of their education, civil engineering managers have to be well trained for such explicit tasks, while the hitherto practice hasn't taken into consideration this important segment. Furthermore, it hasn't been included into the educational program at all.

Key words: Project management, project manager, team development

SAVREMENA ORGANIZACIONA STRUKTURA GRADITELJSKOG PROJEKTA

Dejan Beljaković¹

UDK:65.014

Rezime: Ovaj rad ukazuje na savremene postupke formiranja organizacione strukture graditeljskih projekata, koja mora da obuhvata odnose i veze među izvršiocima (ljudima) i njihovo grupisanje po organizacionim celinama različite veličine i značaja i prikazuje odovarajuće ralacije između njih.

Ključne reči: organizaciona struktura, graditeljski projekat, organizovanje.

UVOD

Svaka svesna delatnost, pogotovu kada dobije obeležje profesionalne delatnosti, ispoljava se kao specifičan proces za čiju realizaciju se mora konstituisati odgovarajuća **organizaciona struktura** koja poprima kvalitativna obeležja celine.

Kao što u arhitekturi forma nastaje iz funkcije, odnosno unutrašnja struktura i spoljni izgled zgrade projektuje se u skladu sa funkcijom koja se u zgradi obavlja, isto tako i organizaciona struktura projekta je posledica tehnološkog procesa projekta.

Ako se poslovna strategija projekta definiše kao proces formulacije i implementacije dinamičkog plana, a menadžment kao dinamički element koji upravlja i rukovodi realizacijom planiranih aktivnosti, onda je organizaciona struktura "okvir" unutar koga se to dešava.

Organizaciona struktura je osnova tzv. statičke komponente organizacije. Ona obuhvata odnose i veze među izvršiocima (ljudima), i njihovo grupisanje po organizacionim celinama različite veličine i značaja i prikazuje veze između njih. U tom slučaju pod organizacionim celinama podrazumevaju se ljudi (izvršiocima), oruđa za rad i predmeti rada (najmanja organizaciona celina je radno mesto).

Organizaciona struktura ukazuje na stepen specijalizacije, način povezivanja funkcija i aktivnosti, raspodelu autoriteta na hijerarhijske nivoe i karakter izveštaja pomoću kojih se obavlja koordinacija.

Suštinu funkcionisanja organizacione strukture predstavlja koordinacija između delova hijerarhijskih nivoea.

Graditeljski projekti su kompleksni poslovni poduhvati koji angažuju velike resurse, i veliki broj stručnjaka različitih profila, a zahtevaju najkraći rok realizacije, pa se realizacija graditeljskih planova najčešće ostvaruje pomoću veoma kompleksne organizacione strukture i funkcionalnog mehanizma, koji sjedinjuje razne vrste funkcija projekta.

PREDSTAVLJANJE ORGANIZACIONE STRUKTURE PROJEKTA

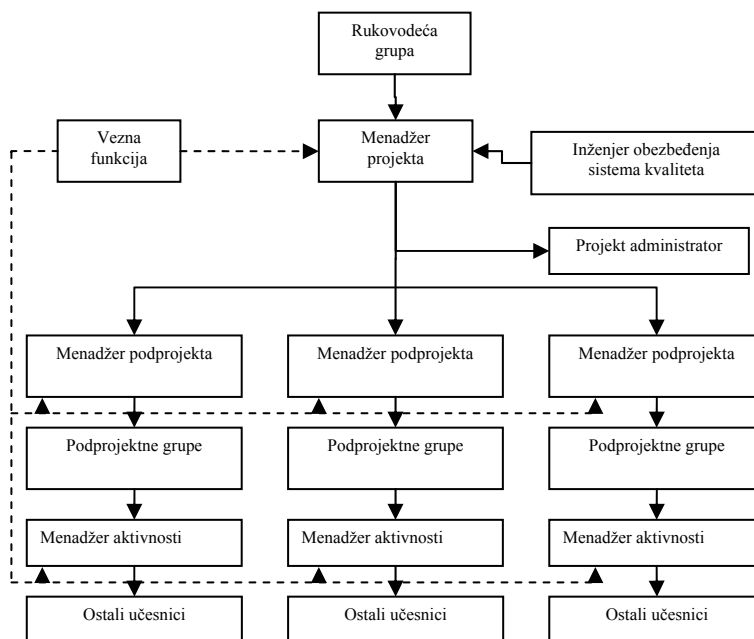
Simbolično predstavljanje organizacione strukture vrši se pomoću organizacione šeme, koja je grafički prikaz organizacione strukture sa funkcijama, sektorima i pozicijama. Organizaciona šema je korisno sredstvo i za prikazivanje autoriteta i domena nadležnosti. Jedna od jednostavnijih organizacionih šema projekta prikazana je na Sl. 1.

Organizaciona šema treba da iskaže najmanje pet bitnih aspekata strukture:

- podelu rada,
- menaxere i podređene.
- tip posla koji se obavlja,
- kriterijume grupisanja poslova i
- menaxment nivoe.

Uz svaku organizacionu šemu projekta obavezno je dati i tekstualno objašnjenje šeme, odnosno opis svake pozicije u šemi: glavne aktivnosti, dužnosti i odgovornosti, potrebno znanje i iskustvo, nadređenost i podređenost i slično.

Na Sl.1. prikazana je jedna od mogućih globalnih organizacionih šema projekta, što će u konkretnom slučaju zavisiti od veličine i kompleksnosti projekta.



OPIS POZICIJA IZ ŠEME

1.- PROJEKT MENADŽER

a) Gavne aktivnosti i odgovornosti menadžera projekta

- plan i kontrola realizacije projekta/podprojekta na takav način da se ciljevi projekta/podprojekta dostignu sa minimalnim utroškom resursa projekta/podprojekta.
- prepoznavanje "opasnih signala" i potencijalnih budućih problema u najranijim stanjima tako da blagovremeno mogu biti preduzete odgovarajuće preventivne mere.

U okviru projekta, a u saglasnosti sa Ugovorom i dogovoru sa Upravljačkom grupom Projekt menadžer slobodno donosi odluke u vezi sa:

- dodavanjem, izmenom i /ili brisanjem aktivnosti u planu projekta, utičući na radne metode, tehnička rešenja i sl.;
- zamenom ulaznih resursa (u saglasnosti sa Planskom funkcijom na Projektu) i prekovremenim radom na Projektu;
- izmenom vremena i datuma održavanja sastanaka sa Projektnim grupama i zakazivanjem neplaniranih (hitnih) sastanaka;

U slučajevima kada se desi da se granice planiranih resursa na projektu pomere izvan planiranih, Projekt menadžer dužan je da:

- odmah informiše Upravljačku grupu i izabere optimalne korektivne i preventivne korake i iste podnese Upravljačkoj grupi na analizu i odlučivanje.

Da bi pravilno izvršio izbor optimalnih korektivnih i preventivnih koraka, Projekt menadžer treba da uradi sledeće:

- odabere i predloži ljude sa odgovarajućim stručnim kompetencijama i komunikativnim sposobnostima za projektni tim projekta i da, po potrebi zaključi neophodne odgovarajuće ugovore;
- izmeni ili dopuni dinamički plan projekta i odgovarajuće radne planove; naredi izvršavanje odgovarajućih aktivnosti ili blokova aktivnosti;
- da sazova i rukovodi sastancima sa Projektnim grupama i, kada je pozvan, učestvuje na nekim od sastnaka Upravljačke grupe;
- da neprestano komunicira sa svim relevantnim delovima projekta kao što su: konsultanti, odnosno stručni nadzor na projektu ne perojektni deo organizacione strukture i slično.
- proverava da li su pojedini učesnici na projektu izvršili odgovarajuće dopunske obuke neophodne za uspešno obavljanje svojih radnih zadataka (rukovaoci specijalnih mašina, zaštita na radu i slično)
- kreira i održava visok stepen motivacije svih učesnika na projektu u skladu sa ciljevima projekta i aktivnostima na kojima pojedinci učestvuju;
- direktno stimuliše efikasnost rada i podstiče visok kvalitet rezultata rada, savremenim idejama za nova rešenja, alternative i slčno;

- inicira i kontroliše uredno vođenje projektne dokumentacije, protok informacija i komunikacija na projektu;
- proverava i odobrava:
 - stanje i potrošnju resursa na projektu i;
 - sadržaj i kvalitet rezultata pojedinih aktivnosti.
- analizira i utvrđuje uzroke i efekte aktualnih i očekivanih devijacija na projektu;
- daje odgovarajuće predloge za svaku akciju i svaku alternativu u planu projekta da bi se projekat držao pod kontrolom :
- donosi odluku o izboru najbolje alternative za rešenje pojedinih problema i informiše Upravljačku grupu o mogućim promenama koje prevazilaze okvire projekta;
- prekida (okončava) projekt:
 - prevremeno, kada tu odluku donese Upravljačka grupa;
 - kada su sve aktivnosti projekta kompletirane (uspešno okončane) i rezultat kompletnog rada na projektu prihvaćen.

Znanje, iskustvo i stavovi koji se zahtevaju od Projekt menadžera

Znanje i iskustvo Projekt menadžera treba da pokrije sve aspekta (zahteve) projekta kao npr:

- organizacija projekta (struktura, planovi, resursi, poslovna politika itd); elementi projekta (neophodne sisteme i procese u zavisnosti od aktivnosti projekta);
- ulazni resursi za realizaciju projekta (npr. kadrovi: obrazovanje, obuka, iskustvo, efikasnost u radu, motivacija i dr.)
- teoretska znanja iz oblasti Projekt menadžmenta i prakasa kao Projekt menadžer, Podprojekt menadžer;

Projekt menadžer mora da ima sposobnost uspostavljanje dobrih odnosa kako na projektu tako i sa neprojektim delovima organizacije radi uspešnog pregovaranja i zaključivanja odgovarajućih ugovora.

Jedno od najvažnijih sposobnosti Projekt menadžera je mogućnost uspostavljanja i održavanja zadovoljavajućih ljudski odnosa na projektu što obuhvata:

- procena ljudskih osobina;
- alokacija ljudi na odgovarajuće aktivnosti;
- motivacija ljudi u njihovom poslu;
- komunikacija sa ljudima na projektu,

uz napomenu da navedene aktivnosti treba da izvršava uz poštovanje ljudi na koje se to odnosi;

Tehničke kompetencije Projekt menadžera ocenjuju se u skladu sa njegovim znanjima i iskustvima u vezi sa procesima ili delovima procesa na projektu npr.:

- aktivnostima i radnim koracima i njihovim uzajamnim međuzavisnostima;
- korišćenje radnih i pomoćnih metoda;
- radni sadržaj aktivnosti projekta;

U nedostatku potrebnih tehničkih znanja i iskustava Projekt menadžer će biti suočen sa:

- veoma teški načinom uspostavljanja komunikacija sa ljudima na projektu, jer će ga oni prihvatiti samo kao “običnog administratora na projektu.

- mogućnošću da bude pogrešno informisan, a da ne zna kada i koliko mnogo, dok ne bude kasno za reakciju;
- nemogućnošću da na vreme detektuje (otkrije) sve opasnosti i potencijalne buduće devijacije na projektu i pripremi početne preventivne korake;

2.- MENADŽER AKTIVNOSTI

Za svaku aktivnost ili blok aktivnosti projekta mora biti zvanično imenovan menadžer aktivnosti (poslovođa).

Ako je aktivnost "mala", tj. za svoje izvršenje zahteva samo jednog izvršioca, tada će taj izvršioc biti i menadžer aktivnosti.

Ako je aktivnost "velika" i ako je to blok aktivnosti tada menadžer aktivnosti neće direktno biti angažovan na izvođenju radova nego će rukovoditi radnom grupom.

U praksi se pojavljuje niz mogućih varijacija između ova dva navedena ekstrema

Za svaku aktivnost ili blok aktivnosti u dinamičkom planu projekta, osoba koja izvršava funkciju menadžera aktivnosti je eksplicitno imenovana u:

- opisu aktivnosti i;
- mrežnom planu (gantogramu).

U organizacionoj strukturi projekta pozicija menadžera aktivnosti je između:

- Projekt ili podprojekt menadžera i;
- drugih članova projektne odnosno podprojktne grupe.

Menadžer aktivnosti direktno je podređen Projekt ili Podprojekt menadžeru.

Glavne aktivnosti Menadžera aktivnosti

- da učestvuje u izradi plana projekta;
- da daje detaljne informacije o sadržaju aktivnosti;
- planira, daje naloge i kontroliše realizaciju aktivnosti, koristeći alocirane resurse;
- da neprestano održava personalne kontakte sa Projekt/Podprojekt menadžerom, referentnom grupom i veznom funkcijom na projektu;
- osigurava (obezbeđuje) da aktivnost ili blok aktivnosti budu realizovane
 - sa minimalnim utroškom resursa;
 - u okviru planiranih rokova;
- kontroliše radne rezultate na aktivnosti i o tome izveštava Projekt/Podprojekt menadžera;
- da prati i beleži važne informacije u vezi sa realizacijom aktivnosti ili bloka aktivnosti;
- uredno ažurira odgovarajuću gradilišnu dokumentaciju u vezi sa obavljenim poslom i utrošenim resursima;
- naloge u vezi sa realizacijom aktivnosti prima samo od Projekt/Podprojekt menadžera;
- nalozi primljeni od: Upravljačke grupe; pojedinih članova Upravljačke grupe i Vezne grupe mogu biti prihvaćeni samo kao mišljenje, objašnjenje ili savet.

Zahtevano znanje iskustvo i ponašanje:

- visok stepen lične discipline u realizaciji aktivnosti;

- veliko znanje iz oblasti sadržaja aktivnosti / bloka aktivnosti (standardi i normativi, zaštita na radu);
- detaljno poznavanje tehnologije i organizacije rada iz oblasti sadržaja aktivnosti / bloka aktivnosti;

3.- UPRAVLJAČKA GRUPA

Na projektu iznad Projekt menadžera kao upravljačko telo nalazi se Upravljačka grupa, koju imenuje investitor.

Aktivnosti i odgovornosti Upravljačke grupe:

- donosi odluke o početku realizacije projekta;
- vrši ocenu celog projekta i donosi odluke o svim važnim faktorima u vezi sa prekoračenjima projekta:
 - u toku izrade plana projekta i;
 - u toku realizacije projekta.
- donosi odluke o prekidu projekta i proglašava da je projekat "prekinutim";

Odluke Upravljačke grupe obavezni su da izvršavaju:

- Projekt menadžeri, za aktivnosti koje izvode projektne / podprojektne grupe;
- administrativni menadžeri za aktivnosti koje se izvršavaju u administraciji isključujući osobe koje rade administrativne poslove u projektnim/podprojektnim grupama;

4.- VEZNA FUNKCIJA PROJEKTA

Vezna funkcija na projektu (pojedinaac ili grupa) jeste posrednička (vezna) organizaciona pozicija između ne projektne delove organizacione strukture ili eksternog (spoljnog) dela i projektne delove organizacione strukture projekta.

Aktivnosti i odgovornosti vezne funkcije projekta:

- prikuplja informacije od menadžera aktivnosti o svim događajima na aktivnostima projekta;
- vodi strogu dnevnu evidenciju o utrošenom vremenu na projektu;
- kontinualno prati progres kritičnih aktivnosti projekta;
- komunicira sa Projekt / Podprojekt menadžerima u vezi sa predviđenim alternativama na projektu;

5. INŽENJER OBEZBEĐENJA SISTEMA KVALITETA

Inženjer obezbeđenja sistema kvaliteta ima nezavisan položaj u organizacionoj šemi projekta i samostalan je u radu.

Direktno je odgovoran Menadžeru projekta.

On ima pravo da traži informacije i objašnjenja od bilo koje osobe na gradilištu.

Odgovoran je i ima ovlašćenje za sledeće :

- planiranje i održavanje sistema kvaliteta na projektu
- kontrolu poštovanja posebnih zahteva
- sprovođenje mera ili rešenja potrebnih za obezbeđenje sistema kvaliteta
- planiranje i vršenje kontrole sistema kvaliteta
- proveravanje dokumentacije o sistemu kvaliteta
- stalno izveštavanje Rukovodioca projekta o kontroli sistema kvaliteta

ZAKLJUČAK

Analiza organizacione strukture graditeljskog poduhvata je veoma delikatan i kompleksan posao, koji zahteva veliko znanje i iskustvo mada mu se u našoj graditeljskoj praksi ne poklanja dostojna pažnja. Krajnje je vreme da se shvati da graditeljstvo nije samo zanat nego i nauka i da mu tako treba i pristupiti.

CONTEMPORARY ORGANIZATIONAL CHART IN THE CONSTRUCTION PROJECTS

***Abstract:** This njork explains conteporary methods in making organizational chart of the construction projects including relationship betnjeen peple, their grouping in the organizational segments of different sizes importance, and mutual cprrelation.*

***Key words:** Organizational chart, construction project, organizing.*

SAVREMENI SOFTVERI U GRADITELJSKOM MENADŽMENTU

Dejan Beljaković¹
Željko Rusmir²

UDK: 004:624

Rezime: *Savremeno građenje po "just in time" modelu zahteva od projekt menadžera veoma brzo reagovanje na iznenadne i ne predviđene provokacije okruženja, kako u toku obrade tenderske dokumentacije, tako i u toku realizacije projekta.*

To zahteva tačne informacije u datom momentu, odnosno brz pristup ogromnom broju različitih podataka, njihovo sortiranje i obradu pomoću odgovarajućih matematičkih modela, kako bi se donele prave odluke u pravom trenutku.

Tako nešto omogućava samo računar sa odgovarajućom softverskom podrškom.

Namera izlaganja u ovom radu je da ukaže na velike mogućnosti i prednosti korišćenja računara, odnosno savremenog softvera u projekt menadžmentu u građenju.

Ključne reči : *projekt menadžment, brzo reagovanje, realizacija projekta, softver*

UVOD

Odajući puno poštovanje mogućnostima, olakšanjima i "komforu" koji pružaju projekt menadžerima već poznati i priznati računarski programi kao PRIMAVERA PROJECT PLANNER, MICROSOFT PROJECT i ostali, ovaj rad je posvećen "malim" nekomercijalizovanim računarskim programima, tzv. ličnim programima koje su obično stvorili ljudi sa velikim stručnim znanjem i iskustvom, a uglavnom sa skromnim inženjerskim znanjem iz programiranja u odnosu na autore poznatih programa.

To su programi koji su uglavnom usko orjentisani na pojedine oblasti nauke i prakse. Rasterećeni su aplikacija koje te oblasti ne zahtevaju, pa zbog toga obično ne zauzimaju mnogo "prostora" u računaru, zbog čega i nose naziv "mali"

Obuka za korišćenje tih programa obično kratko traje, a od korisnika programa zahteva se minimum znanje iz oblasti računarske tehnike. U oblasti projekt menadžmenta u građevinskoj praksi može se sresti više tih programa koji su uglavnom veoma slični.

U daljem izlaganju, u najkraćim crtama, navedene su mogućnosti i karakteristike jednog od tih programa, ne zato što se smatra da je on bolji od ostalih nego zato što je po iskustvu autora ovog rada korišćen na više projekata u zemlji i inostranstvu i pokazao se kao izvanredan alat u upravljanju građevinskim projektima.

Program je urađen na srpskom jeziku za projekte u Jugoslaviji i na engleskom jeziku za projekte van Jugoslavije.

Program je namenjen za korišćenje u građevinskim preduzećima radi bržeg i efikasnijeg funkcionisanja onih radnih procesa koji se po svojoj prirodi mogu tipizirati i standardizovati, a njihovo automatizovanje obrade podataka predstavlja uštedu u vremenu uz bolji kvalitet izlazne informacije.

Ovim poglavom podržane su aktivnosti vezane za tehničku pripremu ponude i segmenti koji su vezani za praćenje realizacije građenja, kao što su građevinska knjiga, mesečni

obračuni, evidentiranje naknadnih i viška radova, evidencija utroška materijala u određenim vremenskim intervalima i po određenim situacijama.

SADRŽAJ I KARAKTERISTIKE PROGRAMA

Program je sastavljen od 4 osnovna bloka od kojih svaki određuje tehnološki sklop radnih operacija.

Blok 1 – Šifarnici i normativi

Namenjen je za pripremu i obradu baze podataka, definiciju glavnih grupa standardizovanih operacija, opis standardne radne operacije – normativa, definiciju sredstava za njeno izvršenje – resursa, evidentiranje porekla sredstava – dobavljači.

Šifra mat	Naziv materijala	JM	Cena	Dobavljač	Datum promene
33120	Matica mb	kom	0,00		
60000	Gas butan	kg	1,00		10/31/01
70000	Benzin 88 premijum	lit	0,00		
70003	Benzin 88 oktana-premi	lit	0,00		
70100	Bitulit "a" i "b"	kg	0,00		
70103	Bitulit "k"	kg	0,00		
70200	Bitumen 70/15	kg	0,00		
70201	Bitumen za terdžveni a	kg	0,00		
70203	Bitumensko vezivo za pl	kg	0,00		
70204	Bitumensko vezivo za pi	kg	0,00		
70205	Bitumensko vezivo za pi	kg	0,00		
70206	Bitumen 65/25 masa bp	kg	0,00		
70207	Bitumen kat plastični	kg	0,00		
70208	Bitumen 115/15	kg	0,00		

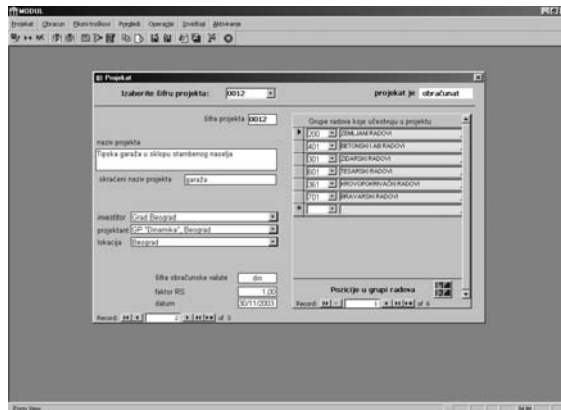
U bazi programa nalaze se standardne norme u građevinarstvu (oko 11 500 normativa i oko 3 500 resursa).

Normativ rada		Normativ materijala	
Operacija	Šifra / Norma sat	Operacija	Šifra, naziv i jedinica materijala / Koeficijent
Spravljanje materija	R2 / 0,0500	Materijal	521300 Opšta serijska za m1 0,4000
Spravljanje betona	R2 / 0,0100	Materijal	480006 Opšta puna kom 20,0000
Zidanje i betoniranje	R2 / 0,5000	Materijal	471440 Beton mb15 spravl m2 0,0063
Zidanje i betoniranje	R6 / 0,0500	Materijal	471303 Mater proizvodni 1-2 m3 0,0200
Opšta (rada i prenos)	R6 / 0,1300	Materijal	330004 Zrak okrugli kg 1,8000
Prenos opreme	R2 / 0,1000		
Prenos materija	R2 / 0,0400		
Ukupno norma sati 1,5000			

Korisnici programa umesto standardnih normativa mogu koristiti sopstvene, koji na bolji način prezentuju njihovu tehnologiju i raspoložive resurse, te na taj način formiraju novu bazu ili dopunjuju postojeću. U toku izrade ponude, baze podataka mogu se lokalno prilagođavati potrebama konkretnog projekta bez remećenja osnovnog sadržaja, jer će se izmena u bazi odnositi samo na konkretni projekat. To važi i za cene resursa koje se koriste za realizaciju projekta.

Blok 2: Projekti

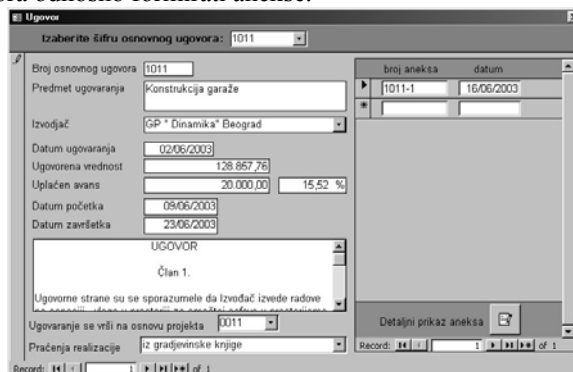
Ovaj programski blok omogućava korisniku: detaljnu, kvalitetnu i brzu pripremu i izradu Ponude korišćenjem odgovarajućih normativa , njima pripadajućih resursa i ažuriranih cena tih resursa, kao i veoma brzo reagovanje na posebne zahteve, primedbe i predloge investitora u pogledu pojedinih detalja u ponudi i njeno brzo ponovno formiranje.



Ovaj blok obuhvata skup funkcija neophodnih za rad na nivou projekta, kao što su izbor željenog projekta, definisanje novog projekta, brisanje projekta iz programa, njegovo prenošenje sa računara na računar, trajno arhiviranje, eksport projekta u programske pakete MS PROJECT i PRIMAVERA PROJECT PLANER, unos predmeta iz Excel-a, aktiviranje (nakon usvajanja ponude), itd.

Blok 3: Ugovaranje

Namenjen je formiranju ugovora. Program omogućava ugovaranje kompletnog projekta ili pojedinačne pozicije iz predmeta. Takođe je omogućeno izvršiti i proširenje postojećeg ugovora odnosno formirati anekse.



Blok 4: Realizacija

Namenjen je podršci u fazi realizacije projekta. Omogućeno je vođenje građevinske knjige, sa kompletnim dokaznicama izvršenih radova. Na taj način omogućava se automatsko formiranje privremenih situacija, evidentiranje stvarnog utroška resursa u odnosu na one količine sa kojim se ušlo u kalkulaciju kad se definisala cena projekta.

Ugovoreno + višak			Realizovano			Razlika		
Količina	3,42		3,42		0,00			
Iznos	12.739,06		12.739,06		0,00			

U ovom bloku omogućena je i dvosmerna komunikacija sa programima MS PROJECT i PRIMAVERA PROJECT PLANER za pozicije koje pripadaju određenom projektu. Efikasnost veze je jednostavna, brza i tačna u načinu prenosa podataka iz jednog programa u drugi, što omogućava praćenje dinamike realizacije u vremenskoj razmeri.

Od izveštaja u ovom bloku omogućeni su građevinska knjiga sa preseccima utrošcima resursa između dva datuma, te obračuni privremenih situacija sa ili bez klizne skale.

Program prikazuje i štampa :

- glavne grupe normativa;
- normative ili resurse iz glavnih i lokalnih baza, ceo sadržaj ili u definisanom opsegu;
- normative sa resursima, ceo sadržaj ili u definisanom opsegu.
- predmer i predračun sa dokaznicama,
- predmer i predračun sa dokaznicama i tehničkim uslovima;
- predmer bez cena (tenderska specifikacija).
- pregled angažovanih resursa (na nivou projekta, na nivou, grupe radova i na nivou aktivnosti); tabelu sa detaljnim prikazom formiranja jedinične cene za svaku aktivnost posebno ili u definisanom opsegu;
- izveštaj o troškovima (resursi, materijal i oprema) pojedinačno za svaku aktivnost ili u definisanom opsegu;
- izveštaj izvršenju pojedinih aktivnosti (količinski, vrednosno i procentualno), za svaku aktivnost ili u definisanom opsegu;
- izveštaj o utrošenim resursima (količinski vrednosno i procentualno) za svaki resurs ili u definisanom opsegu;
- pregled angažovanih resursa po podizvođačima ill snabdevačima (količinski i vrednosno) za svakog podizvođača ili u definisanom opsegu;
- građevinsku knjigu;
- kompletnu "situaciju"(mesečni obračun) sa svim detaljima;

KONFIGURACIJA

Program je predviđen za korišćenje na PC računarima koji zahtevaju minimalno 16 MB memorije i hard diskom sa slobodnim prostorom od najmanje 50 MB. Operativni sistemi WIN 9x, NT, WIN 2000 i XP. Na računaru moraju biti instalirani MS Word i MS Excel da bi sve opcije programa bile iskorišćene. Program je moguće koristiti i na prenosnim računarima, što omogućava veliku ekspeditivnost u davanju ponuda ili praćenju velikog broja gradilišta uz minimalne troškove.

ZAKLJUČAK

Kako se danas računari i odgovarajuća softverska podrška istim smatraju obaveznim okruženjem u privrednim društvima, koja se bave projektovanjem i izvođenjem radova u građevinarstvu, jedan ovakav program omogućuje veoma brzu izradu predmera i predračuna, dokaznica, privremenih situacija i velikog broja izveštaja o stanju na projektu. Sve to omogućava korisniku programa da svoj projekat "ima na dlanu".

U skladu sa zahtevima korisnika, a koji se odnose na kvalitet izrade kalkulacija i dr. program je veoma lako dopuniti, odnosno proširiti i obezbediti nov kvalitet obrade podataka i izlaznih izveštaja.

CONTEMPORARY SOFTWARE IN PROFESSIONAL CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT

Resume: Modern building under "just in time" model imposes the project manager to react quickly to sudden and unpredictable situations both during making of tender documents and the course of realization of the project. This requires precise information at a certain time, actually a fast approach to a number of different data with their assortment and realization through suitable mathematical models in order to bring right decisions in a right moment of time.

Such a thing is only possible to achieve by a software support.

The intention of this paper is to point out to large possibilities and advantages of computer and an up-to-date software in project management in civil engineering.

Key words : *project management, quick reaction, realisation of project, software*

ISTRAŽIVANJE EKSPLOATACIONE POUZDANOSTI GRAĐEVINSKIH MAŠINA

Jelena Božilović Ristoska¹,

UDK: 621.86/.87

Rezime: Ovaj rad ukazuje na neophodnost pristupa istraživanju vrednosti pokazatelja pouzdanosti tehničkih sistema u graditeljstvu radi realnijeg pristupa planiranju eksploatacije tih sistema. S obzirom da su tehnički sistemi u graditeljstvu, odnosno građevinske mašine, kao sredstva rada jedan od činilaca građevinske proizvodnje, od kojih zavisi kvalitet, obim i troškovi građenja, ovom istraživanju bi trebalo pristupiti veoma ozbiljno.

Ključne reči: Tehnički sistemi, Građevinska mehanizacija, pouzdanost, eksploatacija, planiranje.

1. UVOD

Građevinske mašine su sredstva za rad, odnosno jedan od činilaca građevinske proizvodnje, od kojih zavisi kvalitet, obim i troškovi proizvodnje tj. gradnje pa je veoma važno znati kolika je pouzdanost angažovanih mašina i izabrati na koji način će se uskladiti njihov rad.

2. EKSPLOATACIONA POUZDANOST GRAĐEVINSKIH MAŠINA

Ako neka građevinska mašina, u uslovima eksploatacije, tokom dužeg vremena radi ispravno, bez pojave otkaza, onda se za takvu mašinu kaže da radi pouzdano. Međutim ukoliko se u toku posmatranog vremena na toj mašini pojavi veći ili manji broj otkaza, kraćeg ili dužeg trajanja, onda se za tu mašinu kaže da nije pouzdana ili da nije sasvim pouzdana. U zavisnosti od učestanosti i trajanja otkaza definiše se i pouzdanost mašine izražena verovatnoćom izvršenja funkcije.

2.1. POKAZATELJI EKSPLOATACIONE POUZDANOSTI GRAĐEVINSKIH MAŠINA

¹ Jelena Božilović-Ristoska dipl.ing.grad. – Fakultet za graditeljski menadžment Beograd, Cara Dušana 62-64, tel: 011/2180-287, e-mail : admin@fgm.edu.yu

Bitno obeležje pokazatelja pouzdanosti je da se mogu kvantitativno izražavati i meriti, što omogućava da se kvantitativnim merilima ocenjuje i pouzdanost.

U ovom radu prikazani su samo neki od pokazatelja pouzdanosti građevinskih mašina prihvaćeni u dosadašnjim istraživanjima.

2.1.1.1 Učestanost otkaza kod građevinskih mašina

Učestanost otkaza može se definisati kao očekivani broj otkaza mašine u određenom vremenskom periodu (npr., u toku jedne godine) i izračunava se prema relaciji:

$$U_o = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m f_j u_j, \quad \text{gde je:}$$

U_o - učestanost otkaza (očekivani broj otkaza mašine u posmatranom periodu)

N - broj mašina koje učestvuju u istraživanju

u_j - stvarni broj otkaza kod mašina u posmatranom periodu.

f_j - frekvencija broja otkaza (broj mašina koje su imale u_j -ti broj otkaza).

2.1.1.2 Resurs

Kod građevinskih mašina uobičajeno je da se pod pojmom resurs podrazumevaju radni časovi koje mašina ostvari u nekom vremenskom intervalu (npr. u jednoj godini), što znači da resurs podrazumeva očekivani broj časova koji mašina treba da ostvari za planirani period (obično godinu dana).

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^k f_j r_j, \quad \text{gde je:}$$

R - resurs (h)

N - broj mašina za koje se istražuje pouzdanost

r_j - vrednost ostvarenog resursa mašine u toku posmatranog perioda

f_j - frekvencija ostvarenog resursa (broj mašina koje su imale vrednost r -tog resursa).

2.1.1.3 Trajanje otkaza Trajanje otkaza je očekivano vreme (u časovima) potrebno za otklanjanje otkaza na mašini i meri se od momenta kada je nastupio otkaz do momenta ponovnog vraćanja mašine u eksploataciju i izračunava se prema relaciji:

$$T_o = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^k f_j t_j, \quad \text{gde je:}$$

T_o - trajanje otkaza

N - broj mašina za koje se istražuje pouzdanost

t_j - vrednost trajanja otkaza mašine u toku posmatranog perioda

f_j - frekvencija vrednosti trajanja otkaza (broj mašina koje su imale vrednost t -tog otkaza).

2.1.2.1 Kumulativni resurs

Kumulativni resurs je očekivani ukupni resurs mašine od prve do posmatrane godine starosti, a dobija se kao zbir resursa iz predhodnih godina.

$$KRi = \sum_{i=1}^i R_i, \text{ gde je :}$$

KRi - kumulativni resurs

R - resurs u pojedinim godinama starosti

i - tekući indeks godina starosti mašina

2.1.2.3 Trajanje jednog otkaza

Trajanje jednog otkaza je prosečna vrednost trajanja jednog otkaza, koje možemo očekivati u planiranom periodu, a dobija se kada se trajanje otkaza podeli sa brojem otkaza u posmatranom vremenskom periodu, tj. sa vrednošću učestanosti otkaza.

$$T_{jo} = \frac{T_o}{U_o}, \text{ gde je:}$$

T_{jo} - trajanje jednog otkaza (h)

T_o - trajanje otkaza (h)

U_o - učestanost otkaza.

2.1.2.5 Koeficijent prinudnog zastoja

Koeficijent prinudnog zastoja se definiše kao odnos trajanja otkaza i zbira resursa i trajanja otkaza.

$$k_z = \frac{T_o}{R + T_o}, \text{ gde je}$$

k_z - koeficijent prinudnog zastoja

T_o - trajanje otkaza (h)

R - resurs (h).

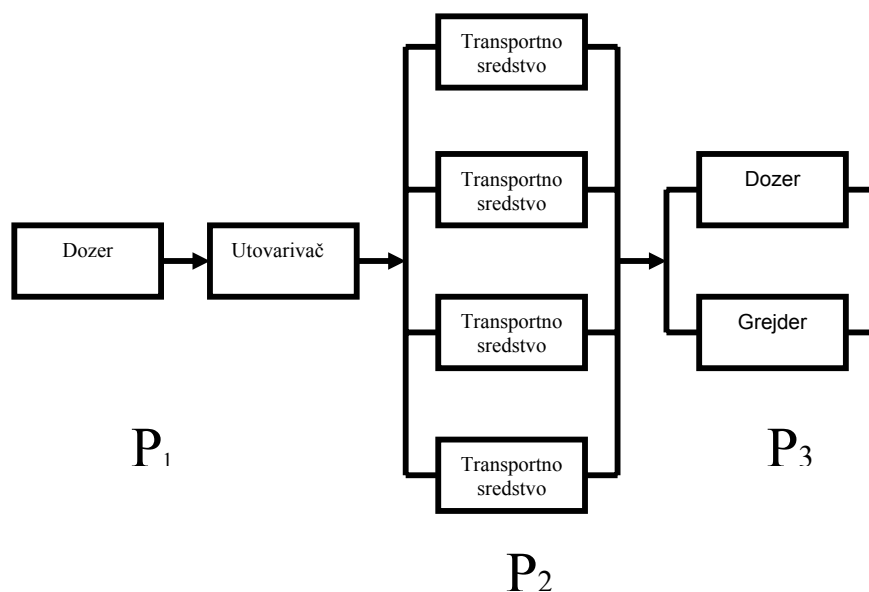
5.1.2.6 Koeficijent gotovosti

Koeficijent gotovosti je odnos vremena ispravnog rada mašine, odnosno resursa i vremena koje se dobija kao zbir resursa i trajanja otkaza.

Tabela 2. Koeficijenta prinudnog zastoja građevinskih mašina

Građevinske mašine	GODINE EKSPLOATACIJE						
	1	2	3	4	5	6	7
Dozer 14 OKTOBAR			0.36		0.47		
FAP	0.14	0.28			0.58	0.65	
Grejder			0.24				
Utovarivač 14 OKTOBAR		0.32					

Grafički prikaz logičke veze navedenih mašina u izvršenju zadatka prikazan je na Sl. 1.: Dozer kopa pesak i gura ga na deponiju. Utovarivač utovara pesak sa deponije u transportna vozila kojih ima 4. Drugi dozer i grejder razastiru i planiraju transportovani pesak.



Sl. 1 Logička veza građevinskih mašina u datom zadatku

U ovom slučaju građevinske mašine posmatraju se kao elementi jednog organizacionog sistema koji mora da izvrši dati zadatak, pa se korišćenjem već poznatih relacija za

zračunavanje pouzdanosti sistema: redno, paralelno i kompleksno povezanih elemenata, verovatnoća izvršenja ovog zadatka može se izračunati po sledećoj relaciji:

$$P_s = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

$$P_s = k_G D \cdot k_G U \cdot (1 - k_{z1} T \cdot k_{z2} T \cdot k_{z3} T \cdot k_{z4} T) \cdot 1 - k_z G \cdot k_z D_2$$

$$P_1 = 0.64 \cdot 0.68 = 0.4352$$

$$P_2 = 1 - 0.28 \cdot 0.14 \cdot 0.58 \cdot 0.65 = 0.9852$$

$$P_3 = 1 - 0.47 \cdot 0.24 = 0.8872$$

$$P_s = 0.4352 \cdot 0.9852 \cdot 0.8872 = 0.3804$$

To znači da će sa verovatnoćom od 0,38 (38 %) planirani broj mašina izvršiti zadatak u planiranom vremenu. Izračunata verovatnoća ukazuje da se sa postojećim građevinskim mašinama ne bi smelo krenuti u realizaciju zadatka, već da pojedine mašine treba blagovremeno zameniti ili obezbediti odgovarajuću rezervu mašina.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je naglašen značaj istraživanja vrednosti pokazatelja pouzdanosti građevinske mehanizacije i njihov uticaj na planiranje građevinske proizvodnje. Delotvornost tj. rad građevinskih mašina uglavnom je u funkciji pouzdanosti istih. U ovom radu akcentat je dat na istraživanju koeficijenta gotovosti, koji izražava verovatnoću sa kojom je mašina spremna da izvršava zadatke u posmatranom periodu, zavisno od njenog tehničkog stanja, odnosno godina starosti ili kumulativnog resursa izraženog u ukupno ostvarenim časovima rada od početka eksploatacije.

LITERATURA

- [1] Ivanović G., Stanoviković D.: "Pouzdanost, analiza i projektovanje", Tehnička uprava SSNO 1988, Beograd
- [2] Kurij K., Krstić G., Stamatović M.: "Projekt menadžment u građevinskoj praksi", Savez građevinskih inženjera i tehničara Srbije, 2000, Beograd
- [3] Trivunić M., Dražić J., Matijević Z.: "Modeliranje procesa građenja", Fakultet tehničkih nauka Institut za građevinarstvo, Novi Sad, 2005, skripta

RESEARCH ON THE EXPLOATATION RELIABILITY OF THE MACHINES IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Summary: *This project indicates the necessity to research the scale values referring the reliability of the technical systems in construction, with a purpose to do more realistic planning of their exploitation. Regarding the fact that the technical systems in construction i.e. construction machines are the means of production that will determine the quality, size and costs of building in the related industry, this research is of the most importance.*

Key words: *Tehnickal systems, construction plant, realibility, exploitation, planning.*

INTERNACIONALNE KONKURENTSKE PREDNOSTI GRAĐEVINSKIH KOMPANIJA

Zoran Cekić¹

UDK:303.733.4:69

***Rezime:** U ovom radu su prikazani rezultati četiri kruga Delfi metode istraživanja kao statistički potvrđen konsenzus o internacionalnim konkurentskim prednostima srpskih građevinskih kompanija, kao i stepen njihove primenjivosti na različitim regionalnim tržištima (zemlje bivšeg SSSR-a, Bliskog istoka, Persijskog zaliva i Severne, Centralne i Južne Afrike).*

***Ključne reči:** Delfi metoda, internacionalne konkurentske prednosti, građevinske kompanije*

1. UVOD

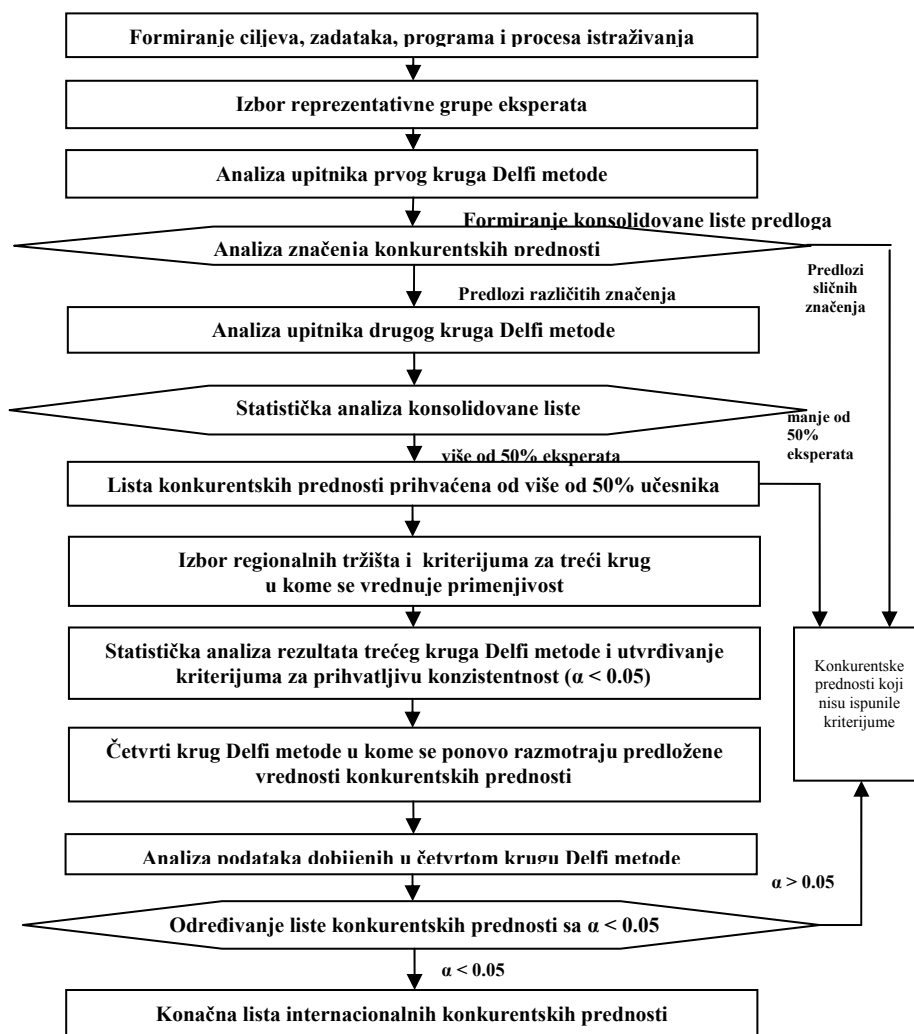
Prema Porteru (1980), konkurentna strategija predstavlja usvojeni način poslovanja kompanije u kojem se koriste sposobnosti i kapaciteti kompanije radi što uspešnijeg pozicioniranja na tržištu. Konkurentnost građevinske kompanije na internacionalnom tržištu se može manifestovati na mnogo načina. Pri tome se mogu analizirati dva granična stava o načinu ostvarenja internacionalne konkurentnosti. Prvi način ostvarenja konkurentnosti na internacionalnom tržištu podrazumeva da kompanija koja nastupa na više internacionalnih tržišta razvija svoje konkurentske prednosti i pozicionira svoju kompaniju na lokalnom tržištu nezavisno i specifično za svako lokalno tržište. Kompanije koje izaberu da svoju konkurentnost razvijaju nezavisno, potpunim usklađivanjem sa karakteristikama regionalnog tržišta, građevinarstvo posmatraju kao nezavisan skup lokalnih građevinskih tržišta. Ove kompanije razvijaju poslovanje na regionalnim tržištima u skladu sa potrebama svojih lokalnih investitora, gradeći na svakom od njih svoju reputaciju koja je potpuno nezavisna i često različita od reputacije koju kompanija ima na drugim tržištima.

Drugi način ostvarenja konkurentnosti na internacionalnom tržištu podrazumeva da se svetsko građevinarstvo posmatra globalno. Globalne građevinske kompanije se bore na potpuno globalnom svetskom građevinskom tržištu i trude se da kombinuju prednosti koje imaju na internacionalnom tržištu sa prednostima koje imaju na domaćem tržištu. Građevinske kompanije iz različitih zemalja se pozicioniraju između ova dva ekstremna stava.

¹ Dr Zoran Cekić, dipl.grad.inž., Fakultet za graditeljski menadžment, Univerzitet Union, Cara Dušana 62-64, 11000 Beograd, E-mail: cekicz@eunet.yu, Fax: 011 2180 287

2. DELFI METOD ISTRAŽIVANJA

Delfi tehnika se može smatrati kao iterativna procedura predviđanja koju prema Dickey i Watts-u (1978) karakterišu tri osnovne osobine: anonimnost, iterativnost sa kontrolisanom povratnom spregom i statistička obrada rezultata. Cilj studije je da se postigne najpouzdaniji konsenzus kroz seriju intezivnih upitnika korišćenjem i rasprostranjem kontrolisane povratne sprege (Linstone i Turoff, 1990; Corotis i saradnici, 1981). Goldstein (1995) je naglasio da grupni pogled na problem ima veću verovatnoću da bude korektan nego individualni. Prema Robinsonu (1991) članovi treba da budu voljni da učestvuju u istraživanju i ozbiljno priđu davanju odgovora na postavljena pitanja. Važno održati što veći broj učesnika u ispitivanju tokom sva četiri kruga (u ovoj studiji 90 %). Proces istraživanja je prikazan na slici 1.



Slika 1. Usvojena metodologija Delfi metode istraživanja

U poslednjih dvadesetak godina uspešna primena ove tehnike je izvršena u oblasti razvoja stambenih oblasti (Anatharajan i Anataraman, 1982), teoriji projektovanja (Corotis i saradnici, 1981), rangiranju stanja mostova i efekata poboljšanja (Saito i Sinha, 1991), kao i selekciji ugovornih aranžmana (Chan i saradnici, 2001). Prema Lideman-u (1975) Delfi metoda je efikasna u oblastima u kojima se može ostvariti korist od subjektivnog mišljenja na kolektivnoj osnovi, ali za pitanja na koja se ne može dati definitivan odgovor.

Uspeh Delfi metode u velikoj meri zavisi od pažljive selekcije eksperata i pažljive formulacije pitanja. Pošto ovakvo mišljenje zahteva opsežno znanje, kao i veliko iskustvu u ovoj oblasti, potrebno je uložiti veliki napor radi izbora odgovarajuće grupe eksperata (Edmunds, 1998). Deset članova ekspertske grupe reprezentuju širok dijapazon profesionalaca iz naših kompanija koje su imala najviše uspeha u svom nastupu na internacionalnom tržištu: HK Energoprojekt, GP Hidrotehnika – Hidroenergetika, GP Napred, PIM GP Planum, GP Ratko Mitrović – Internacional, KMG Trudbenik, Union Inženjering, SI CIP i GP Mostogradnja. U toku istraživanja učesnici nisu bili upoznati sa ostalim članovima grupe eksperata.

3. IDENTIFIKOVANJE I VREDNOVANJE PREDNOSTI

U prvom krugu od eksperata je zatraženo da predlože konkurentske prednosti koje su najprimernije karakteristikama naših kompanija. Dobijeni predlozi su analizirani i konsolidovani. Od eksperata je u drugom krugu zatraženo da analiziraju značaj sedamnaest predloga iz prvog kruga korišćenjem jednostavne skale sa tri nivoa: veoma važan, važan i nije važan. U ovoj rundi je ekspertima prezentovana i distribucija odgovora dobijenih u predhodnom krugu. Za učešće u trećem krugu istraživanja je prihvaćeno dvanaest konkurentskih prednosti koje su prihvaćene od strane 50 i više procenata učesnika. Definicije izabranih konkurentskih prednosti su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Definicije konkurentskih prednosti izabranih za učešće u trećem krugu

Konkurentska prednost	veoma važna ili važna (%)
1) Iskustvo i znanje koji su akumulirani na prethodnim poslovima	100
2) Kontakti sa ključnim investitorima	100
3) Povezanost sa lokalnim firmama	100
4) Formiranje zajedničkih (joint-venture) kompanija	100
5) Spremnost naših eksperata na rad pod teškim uslovima	100
6) Poznavanje specifičnosti pojedinih tržišta	100
7) Nivo edukacije naših eksperata	100
8) Sposobnost pregovaranja	88,88
9) Niska cena rada naših eksperata	88,88
10) Iskustvo u poslovanju sa velikim rizikom	77,77
11) Kontakti sa visokim državnim službenicima	55,55
12) Zajedničkim nastup sa projektantima	55,55

4. FAKTOR PRIMENJIVOSTI NA REGIONALNIM TRŽIŠTIMA

U trećem krugu Delfi metode od eksperata je zatraženo da unesu stepen primenjivosti konkurentskih prednosti. Stepem primenjivosti je faktor koji pokazuje prihvatljivost svake od prednosti na pojedinim regionalnim tržištima. Na osnovu predložene metodologije prikazane u radu Skitmore-a i Mardsen-a (1988), kao i Chan-a i saradnika (2001), od učesnika ispitivanja je zatraženo da kao stepen prihvatljivosti unesu ocene primenjivosti u dijapazonu od 10 poena (nije primenjiva) do 110 poena (maksimalno primenjiva). Analizirana je primenjivost na pet regionalnih tržišta na kojima su naše kompanije imale najviše uspeha. Definicije regionalnih tržišta:

1. **Zemlje bivšeg SSSR-a** : Rusija, Ukrajina, Gruzija, Kazahstan, Belorusija, Uzbekistan, Tadžikistan, Turkmenistan, Jermenija, Uzbekistan, Azerbejdžan
2. **Bliski-istok**: Izrael, Liban, Sirija, Jordan
3. **Srednji-istok** (persijski zaliv): Kuvajt, Katar, Ujedinjeni Arapski Emirati, Bahrein, Irak, Iran
4. **Severna Afrika**: Maroko, Alžir, Tunis, Libija, Egipat
5. **Centralna i Južna Afrika**: Angola, Nigerija, Kenija, Uganda, Zambija, Tanzanija, Zimbabve

Ako su vrednosti stepena primenjivosti dobijene od strane eksperata nedovoljno konzistentne, rezultat će biti uzrok slučajnosti. Da bi se omogućila mera konzistentnosti odgovora eksperata sračunat je Kendall-ov koeficijent saglasnosti (W), koji je predložen od mnogih eksperata u ovoj oblasti (Siegel & Castellan, 1988), kao i koeficijent (nivo) značajnosti α . Što je veća vrednost Kendall-ovog koeficijenta saglasnosti W to je veća konzistentnost u odgovorima eksperata.

Vrednost Kendall-ovog koeficijenta saglasnosti od 1,0 znači da su svi eksperti rangirali primenjivost na tržištu identično. Prihvaćen je kriterijum da se prednost može smatrati za dovoljnu konzistenu u slučaju da je koeficijent značajnosti α na nivou od 0,05 ili manjem. Analizom rezultata trećeg kruga istraživanja utvrđeno je da su za jedanaest predloga faktori primenjivosti dovoljno konzistentni u odgovorima eksperata ($\alpha < 0.05$), dok su za jednu prednost malo iznad granice konzistentnosti ($\alpha = 0.051 > 0.05$).

Ekspertima su za potrebe četvrtog kruga ispitivanja kao povratna sprega prikazani sledeći podaci: rezultati prethodnog kruga, prosečan stepen primenjivosti na regionalnim tržištima dobijen na osnovu odgovora eksperata, kao i odgovor svakog učesnika o stepenu primenjivosti dat u prethodnom krugu. Od učesnika je zatraženo da pod utiskom prosečnih vrednosti stepena primenjivosti u prethodnom krugu ponovo razmotre predložene vrednosti.

5. DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Rezultati koeficijenata saglasnosti W i značajnosti α prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Poređenje Kendall-ovog koeficijenta W i koeficijenta značajnosti α

Konkurentske prednosti	Kendall-ov koeficijent saglasnosti W			Koeficijent značajnosti	
	Treći krug	Četvrti krug	% poboljšanja	Treći krug	Četvrti krug
1)	0.551	0.639	16.0 %	0.005	0.001
2)	0.513	0.507	-	0.009	0.009
3)	0.426	0.438	2.8 %	0.030	0.025
4)	0.509	0.472	-	0.009	0.016
5)	0.904	0.929	2.8 %	0.000	0.000
6)	0.638	0.739	15.8 %	0.001	0.000
7)	0.741	0.802	8.2 %	0.000	0.000
8)	0.735	0.755	2.8 %	0.000	0.000
9)	0.690	0.899	30.3 %	0.001	0.000
10)	0.387	0.475	22.7 %	0.051	0.015
11)	0.545	0.540	-	0.005	0.006
12)	0.663	0.696	5.0 %	0.001	0.001

Dobijene ocene primenjivosti svih konkurentskih prednosti se prema rezultatima trećeg i četvrtog kruga mogu smatrati dovoljno konzistentnim, jer su vrednosti koeficijenta značajnosti α bile manje od postavljenog kriterijuma od 0.05. Rezultati trećeg i četvrtog kruga se na svim regionalnim tržištima vema malo razlikuju što pokazuje da su članovi grupe imali postojano mišljenje o faktoru primenjivosti. Analiza koeficijenata saglasnosti i značajnosti pokazuje da se konzistentnost poboljšala u četvrtom krugu. Vrednosti Kendall-ovog koeficijenta W su poboljšane kod devet prednosti u dijapazonu od 30.3% do 2%. U ovoj rundi svih dvanaest prednosti se može smatrati kao dovoljno konzistentnim. Izabrane konkurentske prednosti su zadovoljile sve kriterijume usvojene metodologije Delfi metode istraživanja (slika 1). Osim toga, njihova primenjivost je potvrđena na tržištima na kojima su naše kompanije najviše nastupale.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Građevinske kompanije iz Srbije poslednjih godina imaju velikih teškoća u pozicioniranju na internacionalnom tržištu, što je posledica loše međunarodne pozicije i ugleda naše zemlje u svetu usled događaja u protekloj deceniji, kao i nedovoljne konkurentnosti i tehnološkog zaostajanja u odnosu na vodeće svetske kompanije. Zbog toga se naše kompanije trude da održe reputaciju i realizuju svoje konkurentske prednosti na lokalnim i izolovanim tržištima na kojima ne postoji veliki intenzitet nastupa vodećih svetskih građevinskih kompanija.

Rezultat sprovedenog istraživanja je statistički potvrđen konsenzus o najvažnijim konkurentskim prednostima naših kompanija i njihovoj primenjivosti na različitim regionalnim tržištima. Istraživanje će biti nastavljeno analizom studija slučaja nastupa naših građevinskih kompanija na internacionalnom tržištu što treba da omogući komparativnu analizu različitih strategija konkurentnosti naših kompanija.

LITERATURA

- Anatharajan, T.; Anataraman, V. 1982, "Development of residential areas: Delphi technique for decision making", *Int. journal for housing Science and its Application*, V. 6, No. 4, strane 329–341
- Cannon, J.; Hillebrandt, P. 1991, "Diversification", u knjizi: *The Management of Construction Firms: Aspect of Theory*, editori J. Cannon i P. Hillebrandt, Mac-Millan, strane 31 – 43
- Chan, A.; Yung, E.; Lam, P.; Tam, C.; Cheung, S. 2001 "Application of Delphi Metod in Selection of Procurement Systems for Construction Projects", *Construction Engineering and Management*, Vol. 19, No. 7
- Corotis, R.; Fox, R.; Harris, J. 1981, "Delphi Methods: Theory and Design Load Applications", *J. of Structural Devision ASCE*, Vol 107, No. 6, strane 1095 – 1105
- Dickey, J.; Watts, T. 1978, *Analytic Techniques in Urban and Regional Planning*, McGraw-Hill
- Edmunds, H. 1999, *The Focus Group Research Handbook*, NTC Business Books
- Goldstein, N. 1975, "A Delphi on the future of the steel and ferroalloy industries", U knjizi: *The Delphi Techniques and Applications*, Addison Wesley, Reading, MA, strane 210 – 226
- Lindeman, C. A. 1975, "Delphi-survey of priorities in clinical nursing research", *Nursing Research*, Vol 24, No 6, strane 434-441
- Linstone, H.; Turoff, M. 1990, *The Delphi Techniques and Applications*, Addison Wesley, strane 3 – 12
- Porter, M. E. 1980 *The Competitive Advantage of Nations*, Mac-Millan, London
- Robinson, J. B. L. 1991, "Delphi Technology for Economic Impact Assessment", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 117, No. 3
- Saito, M.; Sinha, K. 1991, "Delphi study on bridge condition rating and effects of improvements", *J. of Transportation Engineering*, Vol 117, No 3, strane 320-324
- Siegel, S.; Castellan, N. 1988, *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*, McGraw-Hill
- Skitmore, M.; Marsden, D. E. 1988, "Which procurement system? Towards a universal procurement selection technique", *Construction Management and Economics*, Vol. 6, No. 6, strane 71 – 89

INTERNATIONAL COMPETITIVE ADVANTAGES OF CONSTRUCTION COMPANIES

Summary: *This paper shows results of four rounds of Delfi surveys as a statistically significant consensus for the international competitive advantages of serbian companies, and the utility factors for different regional markets (former SSSR, Near East, Persian Gulf and North, Central and South Africa).*

Keywords: *Delfi method, international competitive advantages, construction companies*

PRETHODNA STUDIJA OPRAVDANOSTI I STUDIJA OPRAVDANOSTI ZA IZGRADNJU OBJEKATA PREMA NOVOM PRAVILNIKU

Goran Ćirović¹

UDK:330.322.5

Rezime: *Novim Pravilnikom o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata, omogućen je kvalitetan i sveobuhvatan pristup planiranju i realizaciji budućih investicija.*

Ključne reči: *investicije, studija opravdanosti.*

1. UVOD

Pravilnik o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata, koji je donet u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji – član 106. („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 47/2003), objavljen je u „Službenom glasniku Republike Srbije“ br. 80/2005. Donošenjem ovog pravilnika prestao je da važi stari Pravilnik o obimu i sadržini prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti, koji je bio objavljen u „Službenom glasniku Republike Srbije“ br. 39/99 i koji je bio donet u skladu sa tada važećim Zakonom o izgradnji objekata („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 44/95).

Studija (engleski: study) označava istraživanje raznih uticaja u vezi sa planiranom izgradnjom (npr. tržišni uslovi, mogućnosti finansiranja, izvori sirovina, itd). *Investiciona studija/ studija opravdanosti* (engleski: feasibility study, investment study), sadrži razrađen tehno-ekonomski elaborat kojim se definiše koncepcija objekta i na osnovu sprovedenih istražnih radova se analiziraju uslovi i opravdanost izgradnje. Sastavni delovi te studije su idejni projekti objekta. Na osnovu *predinvesticione studije / prethodne studije opravdanosti* (engleski: pre-feasibility study) donosi se odluka da li da se pristupi izradi studije opravdanosti i idejnog projekta.

Pravilnik o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata je pripremila Komisija koju je obrazovao Ministar urbanizma i građevina, a kasnije i Ministar za kapitalne investicije. U njenom radu učestvovali su stručnjaci različitih profila, koji su zaposleni u javnim preduzećima i institucijama koje se bave realizacijom objekata za čiju izgradnju odobrenje izdaje Ministarstvo za kapitalne investicije.

2. SUŠTINSKE POSTAVKE

Novim Pravilnikom se nastojalo da se usklade, uvažavaju i propišu različiti zahtevi za različite vrste objekata iz člana 89. Zakona o planiranju i izgradnji, za koje odobrenje

¹ Dr Goran Ćirović, dipl. građ. inž., profesor, Viša građevinsko-geodetska škola u Beogradu, 11000 Beograd, Hajduk Stanka 2, tel./fax (011) 2422-178, e-mail: cirovic@sezampro.yu

za izgradnju izdaje Ministarstvo za kapitalne investicije, i s tim u vezi i različita vrsta i obim pojedinih aktivnosti.

Planeri velikih i važnih investicionih projekata – naročito saobraćajnica i infrastrukture, u slučaju kada su se ti projekti finansirali od strane međunarodnih finansijskih institucija (kao što su Svetska i Evropska banka za obnovu i razvoj i Evropska investiciona banka), u proceduri razmatranja i dodele kredita, koristili su i koriste metodološke postupke ovih institucija. Poznata je i metodologija Ujedinjenih nacija². U nas je 1987. godine izrađena *Zajednička metodologija za ocenjivanje društvene i ekonomske opravdanosti investicija i efikasnosti investiranja u SFRJ* ("Službeni list SFRJ" br. 50/87), koja se bavila ocenom investicionih projekata. Ova metodologija je, uglavnom, tretirala industrijske objekte, a ne i objekte saobraćaja, telekomunikacija, kao i ostale specifične objekte, što je ostalo i u starom Pravilniku koji reguliše ovu oblast kada se radi o objektima od značaja za Republiku Srbiju. Na osnovu ove metodologije je Udruženje banaka Jugoslavije 1988. godine izdalo *Priručnike za primenu Zajedničke metodologije* (Udruženje banaka Jugoslavije, Beograd, 1988.), a 1989. godine *Uputstvo za izradu, proveru i praćenje manjih investicionih projekata* (Udruženje banaka Jugoslavije, Beograd, 1989.). Do 1995. godine, kada je izašao stari Pravilnik, varirali su metodološki pristupi izrade i ocene investicionih studija, zavisno od vrste objekta i obrađivača ovih studija.

Uvažavajući specifičnosti objekata za čiju izgradnju odobrenje izdaje Ministarstvo za kapitalne investicije, novim Pravilnikom su utvrđeni sadržaj i obim prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti kao minimalni nivoi potrebni za odlučivanje o opravdanosti daljeg projektovanja i / ili izgradnje 17 vrsta objekata iz člana 89. Zakona o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 47/2003) sa izmenama i dopunama („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 34/2006), koji su grupisani u sledeće grupe objekata:

1) Nuklearne objekte i druge objekte koji služe za proizvodnju energije, nuklearnog goriva, radioizotopa, ozračivanja, uskladištenje radioaktivnih otpadnih materija za naučno istraživačke svrhe; objekte bazne i prerađivačke hemijske industrije, crne i obojene metalurgije, objekte za preradu kože i krzna, objekte za preradu kaučuka, objekte za proizvodnju celuloze i papira i objekte za preradu nemetalnih minerala; objekte u granicama nacionalnog parka, kulturna dobra od izuzetnog značaja i objekata u njihovoj zaštićenoj okolini i kulturnih dobara upisanih u Listu svetske kulturne baštine, objekata u granicama nacionalnog parka i objekata u granicama zaštite zaštićenog prirodnog dobra od izuzetnog značaja (osim porodičnih stambenih objekata, poljoprivrednih i ekonomskih objekata i njima potrebnih objekata infrastrukture, koji se grade u selima i naseljima), u skladu sa zakonom; postrojenja i uređaja za uklanjanje otpada spaljivanjem i hemijskim postupcima; regionalnih deponija za odlaganje neopasnog otpada za ekvivalent stanovnika preko 200.000; objekte za proizvodnju, skladištenje i uništavanje opasnih materija i skladištenje i uništavanje štetnih materija i otpada koji ima svojstvo opasnih materija; aerodrome za javni vazdušni saobraćaj; i luke i pristaništa, osim marina.

2) Objekte za proizvodnju i preradu nafte i gasa, međunarodne i magistralne gasovode i naftovode za transport, gasovode nazivnog radnog natpritiska preko 16 bar

² "Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies", UNIDO – United Nations Industrial Development Organization, Vienna, 1986.

ako prelaze preko teritorije najmanje dve opštine, skladišta nafte, gasa i naftnih derivata kapaciteta preko 500 tona i magistralnih i regionalnih toplodalekovoda; međuregionalne i regionalne objekte vodosnabdevanja i kanalizacije, sisteme za vodosnabdevanje i kanalisanje otpadnih voda u gradovima i gradskim naseljima preko 100.000 stanovnika, postrojenja za pripremu vode za piće kapaciteta preko 40 l/s i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u naseljima preko 15.000 stanovnika ili kapaciteta preko 40 l/s; magistralne i regionalne puteva, putne objekte i saobraćajne priključke na magistralne i regionalne puteve; javne železničke infrastrukture i priključke; vodoprivredne objekte na plovnim putevima i plovne kanale i brodske prevodnice koje nisu u sastavu hidroenergetskog sistema.

3) Hidroelektrane snage 10 i više MVA, termoelektrane snage 10 i više MVA i dalekovode i trafostanice napona 110 i više KV; i telekomunikacione objekte u sistemima veza koji su međunarodnog i magistralnog značaja i telekomunikacione objekte koji se grade na teritoriji dve ili više opština, zaključno sa glavnim kapacitetima.

Prema novom Pravilniku, prethodna studija opravdanosti za ove objekte izrađuje na nivou cele mreže, a studija opravdanosti se izrađuje za celu mrežu ili za pojedine podfunkcionalne delove mreže, ili za grupe objekata na određenoj teritoriji koje predstavljaju tehnološku i organizacionu celinu.

4) Visoke brane i akumulacije ispunjene vodom, jalovinom ili pepelom za koje je propisano tehničko osmatranje; i regulacione građevine za zaštitu od velikih voda gradskih područja i ruralnih površina većih od 300 ha.

Pre donošenja starog Pravilnika o obimu i sadrži prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti, problemu planiranja investicionih projekata se pristupalo selektivno u zavisnosti od toga kojoj delatnosti objekat koji je predmet investicionog planiranja pripada. Stari Pravilnik je pokazao da se odustalo od selektivnog pristupa investicionim objektima i u procesu njihovog planiranja i izrade studijske dokumentacije. Sadržina i obim studijske dokumentacije bio je previše uopšten, tako da stari Pravilnik nije bio primeren objektima infrastrukture, već je više odgovarao komercijalnim objektima visokogradnje.

Novi Pravilnik je, pored ostalog, imao za cilj da se težište stavi na *razradu varijantnih rešenja* koja treba da doprinesu donošenju odluka o opravdanosti realizacije investicije. Prema novom Pravilniku, prethodnom studijom opravdanosti utvrđuje se naročito prostorna, ekološka, društvena, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost investicije za *varijantna rešenja* definisana generalnim projektom, na osnovu kojih se može doneti planski dokument, kao i odluka o opravdanosti ulaganja u prethodne radove za idejni projekat i izradu studije opravdanosti i idejnog projekta. *Generalni projekat*, prema Zakonu o planiranju i izgradnji, sadrži naročito podatke o: makrolokaciji objekta; opštoj dispoziciji objekta; tehničko-tehnološkoj koncepciji objekta; načinu obezbeđenja infrastrukture; mogućim varijantama prostornih i tehničkih rešenja sa stanovišta uklapanja u prostor; prirodnim uslovima; proceni uticaja na životnu sredinu; istražnim radovima za izradu idejnog projekta; zaštiti prirodnih i nepokretnih kulturnih dobara; funkcionalnosti i racionalnosti rešenja. *Idejni projekat*, prema Zakonu o planiranju i izgradnji, sadrži naročito: situacioni plan; crteže koji određuju objekat u prostoru (osnove, karakteristične preseke, izgled); namenu objekta; tehnički opis i planiranu investicionu vrednost objekta; kao i podatke o: mikrolokaciji objekta; tehničko-tehnološkim i eksploatacionim karakteristikama objekta; preliminarnom proračunu stabilnosti i sigurnosti objekta; rešenju temeljenja objekta; tehničko-tehnološkim i

organizacionim elementima građenja objekta; merama za sprečavanje ili smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu; idejnom rešenju infrastrukture; uporednoj analizi varijantnih tehničkih rešenja sa stanovišta svojstava lokacije i tla, funkcionalnosti, stabilnosti, proceni uticaja na životnu sredinu, prirodnim i nepokretnim kulturnim dobrima, racionalnosti izgradnje i eksploatacije, visini troškova izgradnje, transporta, održavanja, obezbeđenja energije i drugih troškova.

Studijom opravdanosti, prema novom Pravilniku, određuje se naročito prostorna, ekološka, društvena, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost investicije *za izabrano rešenje*, razrađeno idejnim projektom, na osnovu kojeg se može doneti odluka o opravdanosti ulaganja i pokretanju postupka za dobijanje odobrenja za izgradnju. Dalje, novim Pravilnikom se insistiralo da proceduralno propiše da se istovremeno radi projektna dokumentacija i prethodna studija opravdanosti, odnosno studija opravdanosti. Naime, u praksi se do sada dešavalo da se prethodna studija opravdanosti smatra delom generalnog projekta (a ne obrnuto), odnosno da se studija opravdanosti smatra delom idejnog projekta, pa da su se ove studije izrađivale tek posle izrade projekata, a ne istovremeno, tako da su često bile više formalnog karaktera.

Generalni projekat i prethodna studija opravdanosti u fazi *pripreme* investicionog projekta, odnosno idejni projekat i studija opravdanosti u fazi *ocene* investicionog projekta se moraju izrađivati simultano, a prethodna studija opravdanosti i studija opravdanosti moraju dati jasno i koncizno obrazloženje o *prostornoj, tehničko - tehnološkoj, ekološkoj i društveno - ekonomskoj opravdanosti* investicionog projekta.

Konačno, novim Pravilnikom se nastojalo da se otklone, odnosno neutrališu neke nedoumice koje su se u praksi javljale u primeni starog Pravilnika. U praksi su se prethodnom studijom opravdanosti i studijom opravdanosti često prikazivale čisto ekonomske kategorije investicije (kao što je neto sadašnja vrednost, interna stopa rentabilnosti, period povraćaja, stopa prinosa, prag rentabilnosti, cost-benefit faktor, itd.). Tendencija je da se buduća investicija posmatra sa sveukupnim budućim efektima (i tehnološkim, organizacionim), pri čemu treba težište staviti na uređenje prostora, ekološke parametre, način realizacije, itd.

U duhu harmonizacije/usklađivanja propisa sa propisima Evropske unije, prema novom Pravilniku se prethodna studija opravdanosti i studija opravdanosti izrađena po propisima drugih zemalja, odnosno po metodologiji inostranih finansijskih organizacija (kreditora, banaka i sl.) ili koja je odobrena od inostranih finansijskih institucija može dostaviti Revizionoj komisiji, na stručnu kontrolu i u originalnom obliku; budući da, prema Zakonu o planiranju i izgradnji, generalni projekat i idejni projekat, prethodna studija opravdanosti i studija opravdanosti za objekte za koje odobrenje za izgradnju daje Ministarstvo za kapitalne investicije podležu reviziji (stručnoj kontroli) Revizione komisije, koju je, u skladu sa zakonskim ovlašćenjem, obrazovao Ministar za kapitalne investicije.

Za objekte za koje se planira izgradnja, odnosno korišćenje u etapama, prethodna studija opravdanosti mora da sadrži elemente za sve etape koje su planirane, a studija opravdanosti može se izraživati i za pojedine etape.

Ovde treba napomenuti da ukoliko se u izradi prethodne studije i studije opravdanosti koriste softverski alati za proračun i vrednovanje, konačni rezultati moraju da sadrže rezime i rekapitulaciju razmatranih rešenja, kao i opis izabrane tehnologije za izradu studije.

3. PRETHODNA STUDIJA OPRAVDANOSTI

Prethodna studija opravdanosti je dokument koji predstavlja sintezu proučavanja - osnov za njenu izradu čine: relevantna planska dokumenata (Strategija razvoja Republike Srbije, šeme prostornog razvoja itd.), prethodni radovi i generalni projekat, pri čemu se prethodna studija opravdanosti i generalni projekat moraju raditi paralelno sadržinski i vremenski sinhronizovano. Ovakav pristup podrazumeva da se u toku izrade razmenjuju rezultati pojedinih faza kako u procesu formiranja varijanti, tako i u procesu vrednovanja, kao i da se neke faze izrade ovih dokumenata rade iterativno, a u cilju uvažavanja svih relevantnih kriterijuma (tehnološko - tehničkih, prostornih, ekoloških, ekonomskih) za izbor najprihvatljivije varijante. Ovde se prikazuju osobenosti pojedinih poglavlja / naslova u sadržaju.

Cilj poglavlja *Tržišni aspekt: analiza i projekcija* je da utvrdi učešće proizvoda ili usluge u sadašnjim uslovima (bez projekta) u ukupnim potrebama na posmatranom segmentu tržišta (domaće, strano) i oceni učešće u periodu veka trajanja projekta imajući u vidu konkurenciju ili alternativne vidove zadovoljenja očekivanih potreba korisnika za proizvodom ili uslugom. Sadržaj ove tačke treba prilagoditi vrsti objekta. Poglavlje *Prikaz tehnološko-tehničkih rešenja generalnog projekta* treba prilagoditi vrsti objekta. U suštini, ova tačka treba da sadrži prikaz postupka i tehničko-tehnoloških rešenja generalnog projekta, kao i procenu potrebnih investicija po strukturi i dinamici po varijantama. Na osnovu prethodne studije opravdanosti i njenih rezultata donosi se odluka o opravdanosti ulaganja u sledeću fazu izrade dokumentacije, odnosno, u izradu studije opravdanosti i idejni projekat, uključujući i ulaganja u prethodne radove.

Ukoliko je prihvaćena pozitivna ocena prethodne opravdanosti, investitor preuzima mere za izradu studije opravdanosti i idejnog projekta. U slučaju negativne ocene prethodne opravdanosti investitor preuzima obavezu arhiviranja prethodne studije i prati promene glavnih pokazatelja koji su uzrok negativne ocene.

4. STUDIJA OPRAVDANOSTI

Studija opravdanosti je dokument koji predstavlja sintezu proučavanja - osnov za njenu izradu čine prethodni radovi i idejni projekat, pri čemu se studija opravdanosti i idejni projekat moraju raditi paralelno sadržinski i vremenski sinhronizovano. Ovakav pristup podrazumeva da se u toku izrade razmenjuju rezultati pojedinih faza i da se neke faze izrade ovih dokumenata rade iterativno, a u cilju uvažavanja svih relevantnih kriterijuma (tehnološko - tehničkih, prostornih, ekoloških, ekonomskih) za izbor najprihvatljivijeg načina realizacije izabrane varijante. Ovde se prikazuju osobenosti pojedinih poglavlja / naslova u sadržaju.

Poglavlje *Tehničko-tehnološko rešenje idejnog projekta* predstavlja sažeti prikaz tekstualnih, grafičkih i numeričkih delova idejnog projekta, u izvornom ili modifikovanom obliku, zajedno sa zaključcima Revizione komisije. Poglavlje *Tržišni aspekti* treba da sadrži rezime analize i projekcije tržišta prodaje i tržišta nabavke iz Prethodne studije opravdanosti sa elementima za ocenu tržišnih efekata projekta. Poglavlje *Prostorni aspekti* predstavlja sažeti prikaz relevantnih tekstualnih, grafičkih i numeričkih delova idejnog projekta, odgovarajućeg pratećeg elaborata i relevantne planske dokumentacije za usvojenu varijantu u izvornom ili modifikovanom. Poglavlje *Ekološki aspekti* predstavlja sažeti prikaz relevantnih tekstualnih, grafičkih i numeričkih

delova idejnog projekta i odgovarajućeg pratećeg elaborata za usvojenu varijantu u izvornom ili modifikovanom obliku. Poglavlje *Ekonomski troškovi* je prikaz troškova usvojene varijante po zbirnim pozicijama predmera i predračuna u idejnom projektu. Poglavlje *Dobiti – koristi* je prikaz ekonomskih koristi usvojene varijante po zbirnim pozicijama predmera i predračuna u idejnom projektu i odgovarajućim pratećim elaboratima.

Na osnovu studije opravdanosti i rezultata provere donosi se odluka o opravdanosti ulaganja u izgradnju objekta, odnosno, u slučaju pozitivne ocene opravdanosti, odluka o pristupanju izradi sledećih faza izrade tehničke dokumentacije (glavni i izvođački projekat) uključujući i prethodne i dopunske radove, pribavljanju odobrenja za izgradnju i prikupljanju ponuda i ugovaranju sa isporučiocima opreme, eksproprijaciji i raseljavanju i izvođačima radova na realizaciji objekta. U slučaju negativne ocene studije opravdanosti neophodno je da investitor na pogodan način prati promene glavnih pokazatelja koji su uzrok negativne ocene.

5. ZAKLJUČAK

Osnovna karakteristika novog *Pravilnika o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata* je sveobuhvatnost – propisivanje posebnog sadržaja za pojedine vrste objekata. Ovim novim Pravilnikom je stvorena mogućnost da se usklade, uvažavaju i propišu različiti zahtevi za različite vrste objekata i propiše različita vrsta i obim pojedinih aktivnosti.

Novim Pravilnikom je težište stavljeno na razradu varijantnih rešenja koja treba da doprinesu donošenju odluka o opravdanosti realizacije investicije. Ovim su otklonjene neke nedoumice koje su se u praksi javljale u primeni starog Pravilnika.

LITERATURA

- [1] Pravilnik o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata, „Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 80/2005
- [2] Zakon o planiranju i izgradnji, „Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 47/2003
- [3] Zakon o izmenama i dopunama Zakona o planiranju i izgradnji, „Službeni glasnik Republike Srbije“ 34/2006
- [4] Pravilnik o obimu i sadržini prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti, „Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 39/99
- [5] Zakon o izgradnji objekata, „Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 44/95

PREFEASIBILITY STUDY AND FEASIBILITY STUDY FOR CONSTRUCTION STRUCTURES ACCORDING TO THE NEW REGULATIONS

Summary: *New regulations about contents, scope and mode of designing of prefeasibility study and feasibility study for construction structures provides high-quality and comprehensive approach to planning and realization of future investments.*

Key words: *investments, feasibility study.*

KONCEPT RUKOVOĐENJA NA GRADILIŠTU U ZAVISNOSTI OD MODELA ORGANIZACIONE STRUKTURE

Velimir Dutina¹

UDK: 69:658.5

Rezime: U ovom radu je prikazana struktura upravljanja na gradilištu u zavisnosti od modela organizacione strukture građevinskog preduzeća kao izvođača radova. Predloženi koncept analiziran je za karakteristične modele organizovanja građevinske operative. Ovim postupkom se, između ostalog, mogu predvideti troškovi režijskog osoblja na gradilištu u fazi izrade projekta organizacije i tehnologije građenja.

Ključne reči: Rukovođenje, organizaciona struktura, gradilište.

1. UVOD

Prema prirodi posla koji obavlja, režijsko osoblje na gradilištu može se podeliti u dve osnovne službe, i to: tehničku službu i administrativno-materijalnu službu. Tehničku službu sačinjavaju: direktor gradnje, glavni inženjer gradnje, rukovodilac objekta, šef gradilišta, inženjer na gradilištu, tehničar na gradilištu, poslovoda i brigadir. Administrativno-materijalna služba vodi administraciju gradilišta u vezi sa kretanjem radne snage, materijala i mehanizacije. Ova služba obuhvata magacionera, a na većim gradilištima sekretara, blagajnika i pomoćno osoblje, kao što su: čuvar, kurir i radnik koji se stara o higijeni.

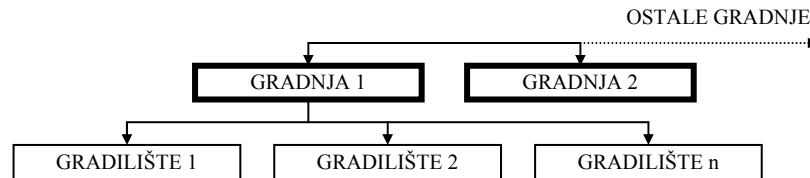
Od stručnosti, iskustva i kreativnosti tehničke službe u mnogome će zavisiti organizacija rada na gradilištu, stepen ekonomičnosti rada i na kraju ukupni poslovni rezultati. Međutim, i sam model organizacione strukture građevinskog preduzeća, uslovljava učešće određenog broja osoblja u strukturi upravljanja na gradilištu. U radu se analizira koncept rukovođenja na jednom gradilištu u zavisnosti od modela organizacione strukture građevinskog preduzeća kao izvođača radova. Razmatraju se karakteristični modeli, najčešće zastupljeni u našoj građevinskoj operativi, i to: teritorijalni model (sistem gradnji), strukovni (funkcionalni) model, tehnološko proizvodni model i mešoviti model.

2. KONCEPT RUKOVOĐENJA U TERITORIJALNOM MODELU

Preduzeće organizovano po teritorijalnom modelu zahteva manji broj inženjersko-tehničkog kadra, pre svega zbog toga što gradnja kao zasebna organizaciona jedinica

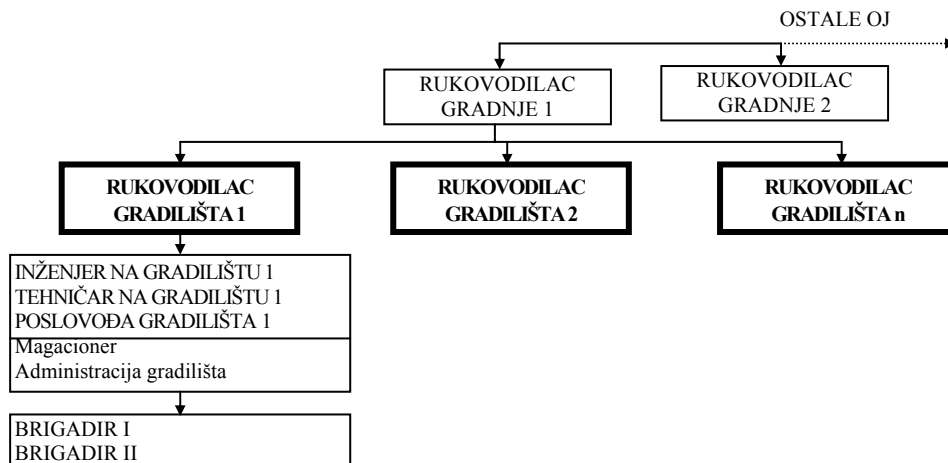
¹Dr Velimir Dutina, dipl. građ. inž., docent Fakulteta tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici, Kneza Miloša 7, e-mail: dutina@beotel.yu

ređe vrši, ili pak ne vrši, razmenu sredstava i radne snage sa srodnim organizacionim jedinicama. Organizacione jedinice po teritorijalnom modelu prikazane su na sl. 1.



Slika 1. Organizacione jedinice po teritorijalnom modelu

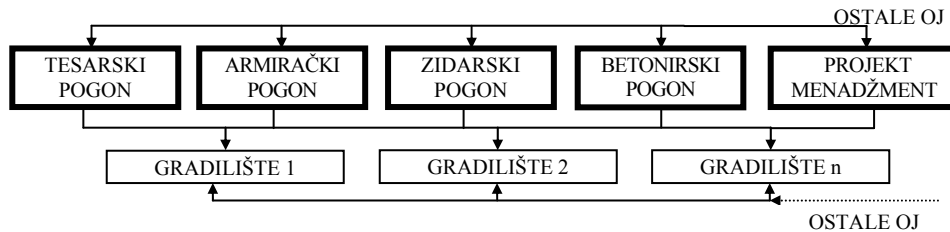
Ovde je gradilište osnovna proizvodna jedinica, koja neposredno organizuje i rukovodi izgradnjom objekata u njegovom sastavu, putem svojih radnih kapaciteta - radnih brigada i radnih sredstava. Rukovodilac gradilišta (šef gradilišta), dobija direktno instrukcije od rukovodioca gradnje, a preko inženjera, tehničara ili poslovođe linijskom vezom prenosi zadatke na brigadire a oni na izvršioce. U zavisnosti od obima radova, lokacije gradilišta i primenjene tehnologije, na gradilištu se obavljaju određeni poslovi kroz stručne službe samog gradilišta ili gradnje. Na gradnjama se, dakle, primenjuje klasična, linijska, struktura upravljanja, kako je to prikazano na sl. 2.



Slika 2. Koncept rukovođenja u teritorijalnom modelu

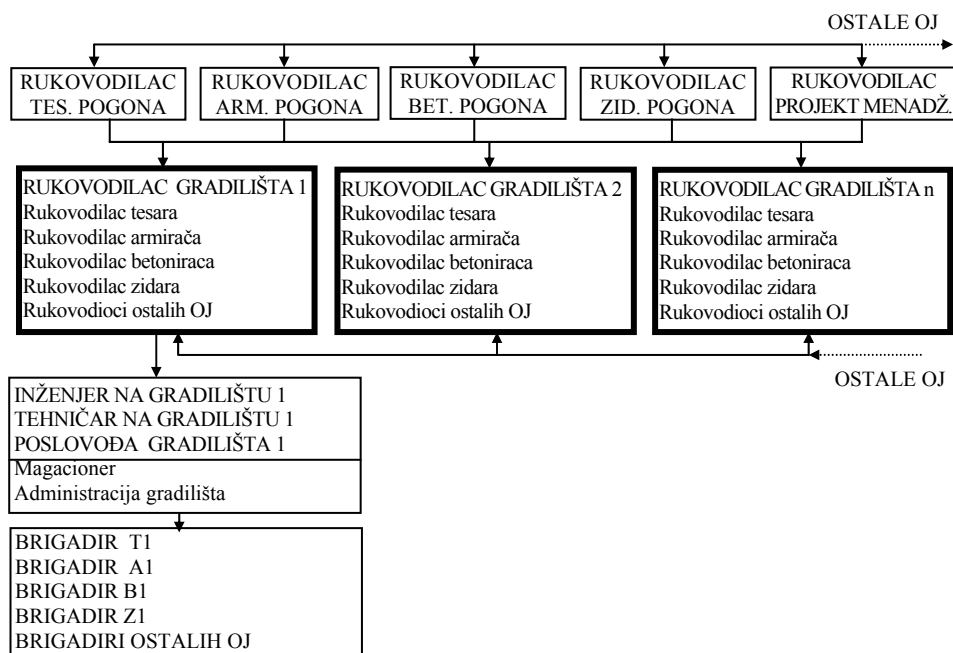
3. KONCEPT RUKOVOĐENJA U STRUKOVNOM MODELU

Kod strukovnog oblika organizovanja, specijalizovane organizacione jedinice upućene su na saradnju sa komplementarnim organizacionim jedinicama, pri izvođenju radova na gradilištu, pa je zato potrebna velika koordinacija između njih, te bez posebne organizacione jedinice (koordinatora za izvođenje radova) one ne mogu uspešno da funkcionišu (sl. 3).



Slika 3. Organizacione jedinice po strukovnom modelu

Gradilište ovde nije proizvodna jedinica već samo organizaciona jedinica koordinirajućeg karaktera, koja usklađuje i kontroliše izvođenje objekata putem kapaciteta (radnih brigada i radnih sredstava) posebnih strukovnih radnih jedinica preduzeća. Pored toga, kod ovog organizacionog oblika, gde učestvuje veliki broj organizacionih jedinica na izgradnji jedinstvenog proizvoda - objekta, isključuje se mogućnost preuzimanja kompletne odgovornosti u izvršenju izgradnje objekta od strane jedne organizacione jedinice, pa se nameće potreba da se organizovanje i vođenje procesa izgradnje objekta poveri posebnoj organizacionoj jedinici (projekt menadžment), koja bi u ime i za račun svih organizacionih jedinica obavljala deo poslova, a što dovodi do povećanja broja inženjersko-tehničkog kadra.



Slika 4. Koncept rukovođenja u strukovnom modelu

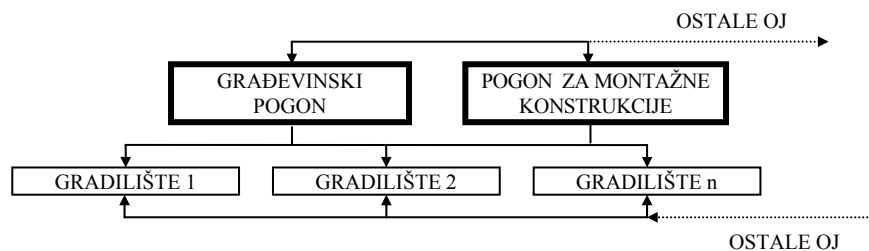
Način organizovanja proizvodnje putem centralnih specijalizovanih pogona menja i ulogu inženjersko-tehničkog kadra, koji preuzima koordinacionu i kontrolnu ulogu, a ne isključivo ulogu direktnog organizatora procesa proizvodnje.

Rukovodilac gradilišta koordinira poslove preko funkcionalnih rukovodioca pojedinih struka, tehničara i poslovođe, linijskom vezom (sl. 4). Ostale aktivnosti i poslovi se obavljaju na gradilištu u stručnim službama.

Za ovaj oblik organizovanja primenjuje se funkcionalna struktura upravljanja na gradilištu, gde jedan rukovodilac rukovodi sa nekoliko ravnopravnih učesnika koji imaju jasno naznačene i, u velikoj meri, nezavisne oblasti delovanja. U zavisnosti od uslova izvođenja radova na gradilištu primenjuje se i matrična ili projektna struktura upravljanja.

4. KONCEPT RUKOVOĐENJA PO TEHNOLOŠKO-PROIZVODNOM MODELU

Organizacija po modelu tehnološko-proizvodnih organizacionih jedinica je nastala zbog toga što je teško istovremeno organizovati rad strukovnih pogona na malom frontu rada, što se često događa u praksi. Ovde su organizacione jedinice formirane na bazi tehnološkog procesa (sl. 5). Na primer, često se događa na gradilištu stvaranje kompleksnih brigada kod prenosnih oplata od tesara, armirača, betoniraca i električara.

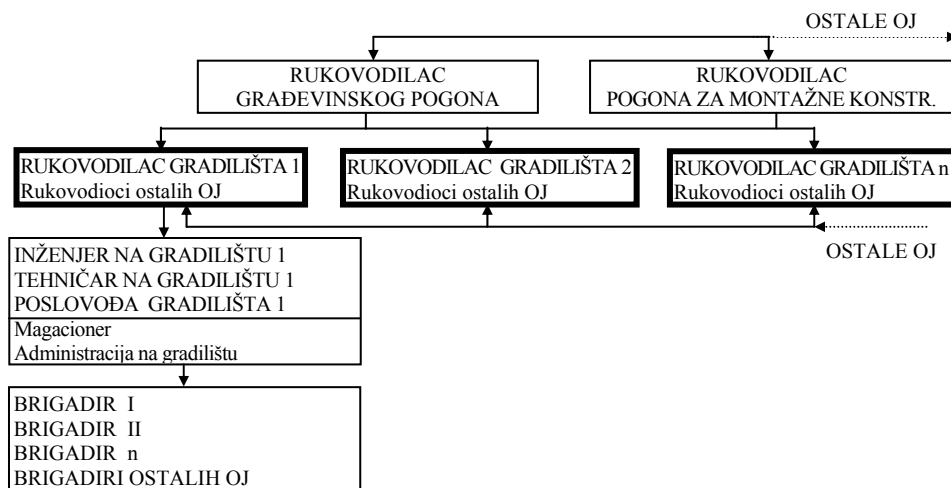


Slika 5. Organizacione jedinice po tehnološko-proizvodnom modelu

Pri ovakvom obliku organizovanja organizacionih jedinica, matična organizaciona jedinica (građevinski pogon) je nosilac poslova na organizaciji proizvodnje i izgradnji objekta u celini, a koristi usluge ostalih organizacionih jedinica u cilju izvršenja zadataka.

Rukovodilac gradilišta je iz organizacione jedinice - građevinski pogon, koja izvodi građevinske radove (konstrukciju objekta), i on koordinira i kontroliše rad ostalih jedinica (sl. 6).

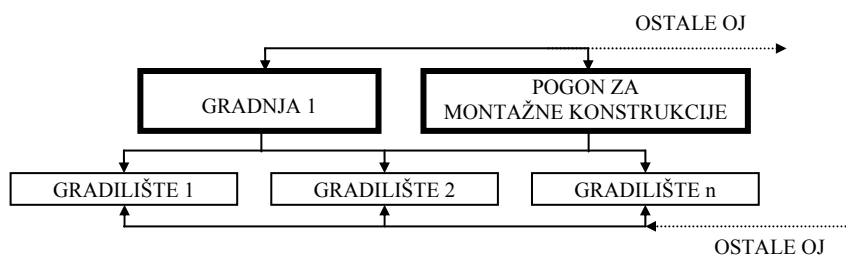
Praksa je pokazala da ovaj sistem traži manji broj inženjersko-tehničkog kadra nego strukovni. I ovde se razvija funkcionalna struktura rukovođenja na gradilištu. Takođe je moguća primena projektna i matrične organizacione strukture ako to zahtevaju uslovi izvođenja radova na gradilištu.



Slika 6. Koncept rukovođenja u tehnološko-proizvodnom modelu

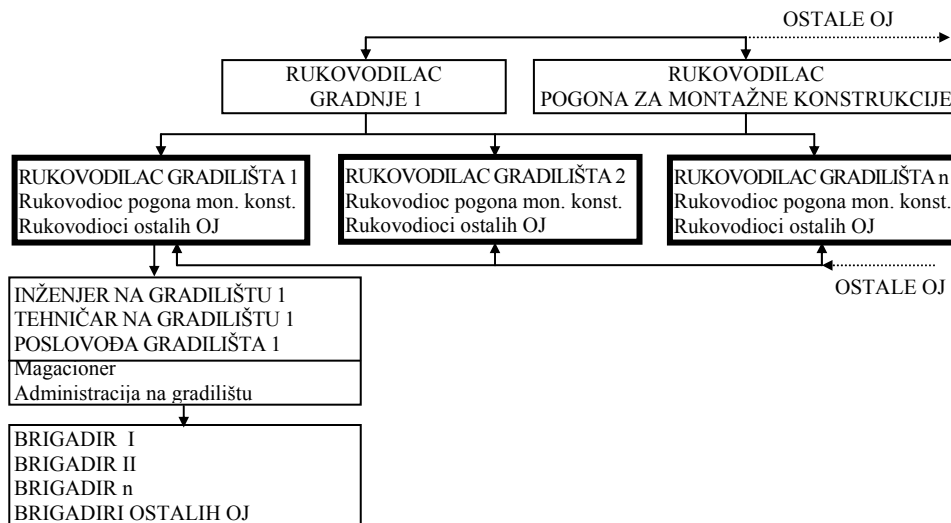
5. KONCEPT RUKOVOĐENJA U MEŠOVITOM MODELU

Organizacija po mešovitom modelu organizovanja predstavlja organizovanje dela preduzeća po gradnjama a dela po strukama i tehnološkim celinama, što predstavlja kombinaciju prve tri varijante (sl. 7). Ako se radovi izvode na gradnji moguća su uključena specijalističkih i tehnoloških pogona što zahteva dodatnu koordinaciju i angažovanje inženjersko-tehničkog kadra u strukturi upravljanja.



Slika 7. Organizacione jedinice po mešovitom modelu

Rukovođenje je jednostavno ali koordiniranje rada sa proizvodnim kapacitetima je teže nego kada se oni nalaze u sastavu gradnje što povećava troškove kroz učešće inženjersko-tehničkog kadra (sl. 8).



Slika 8. Koncept rukovođenja u mešovitom modelu

Kod mešovitog oblika organizovanja moguća je primena linijske, funkcionalne, matrične ili projektne strukture upravljanja na gradilištu, što zavisi od obima gradnje, učešća drugih organizacionih jedinica preduzeća, primenjene tehnologije i dr.

Troškovi režije gradilišta mogu se sračunati na osnovu broja režijskog osoblja datog na šemama rukovođenja (lični troškovi režije gradilišta) i materijalnih troškova gradilišta.

LITERATURA

- [1] M. Bašćarević: "Menadžment i organizovanje građevinskih preduzeća", Univerzitet u Prištini, Priština, 1997, 216 str.
- [2] V. Dutina: "Modeliranje i izbor optimalne organizacione strukture građevinskih preduzeća", Doktorska disertacija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Kosovskoj Mitrovici, Kosovska Mitrovica, 2000. godine, 167 str.

LEADING CONCEPT ON THE SITE DEPENDING ON THE MODEL OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE

Summary: In this paper a structure of management on the site in depending on the model of organizational structure of civil engineering enterprise is shown. This concept is analysed for characteristic civil engineering enterprise models. In that way we can get costs of leading strings on the site during the process of making construction technology and organization project.

Key words: Leading, organizational structure, the site.

NOVI FIDIC-ovi USLOVI UGOVORA ZA IZGRADNJU MBR HARMONIZOVANO IZDANJE

Nenad Ivanišević¹
Predrag Petronijević²

UDK: 330.322.214

Rezime: U saradnji sa međunarodnim bankama za razvoj(MBR), FIDIC je pripremio svoje nove "Uslove ugovora za izgradnju - MBR harmonizovano izdanje" iz 2005. godine. Ovi uslovi su bazirani na FIDIC-ovim Uslovima ugovora za izgradnju 1. izdanje 1999. godine. U opšte uslove su unete izmene, koje uobičajeno od zajmoprimaca, zahtevaju MBR na projektima koje one finansiraju Očekuje se da će ovaj dokument postati deo Standardne tenderske dokumentacije najznačajnijih MBR i pojednostaviti pripremu ugovora za nabavku radova.

Ključne reči: FIDIC, harmonizacija, radovi, ugovori, tenderska dokumentacija, međunarodne banke za razvoj

1. UVOD

Međunarodne banke za razvoj (u daljem tekstu MBR) zahtevaju od svojih zajmoprimaca da primenjuju bančinu standardnu tendersku dokumentaciju prilikom ustupanja radova finansiranih iz sredstava te banke. Sastavni deo svake standardne tenderske dokumentacije koju propisuju MBR čine i uslovi ugovora (model ugovora). Većina MBR već duži niz godina koriste FIDIC-ove uslove ugovora kao svoj model ugovora. Kako svaka od banaka ima neke svoje specifične zahteve koje je potrebno ugraditi u uslove ugovora, to je svaka od MBR pripremila dodatne klauzule koje menjaju, dopunjuju ili ukidaju određene odredbe FIDIC-ovih Opštih uslova. Ove dopunske klauzule su smeštane u Posebnim uslovima ugovora. One najčešće imaju standardizovane formulacije koje svaki put treba preuzeti i uneti u model ugovora kada se priprema tenderska dokumentacija za novi projekat.

Ove dopunske odredbe su specifične i razlikuju se od banke do banke. Sve to je prouzrokovalo neefikasnost u pripremi i dovelo do nejasnoća kod korisnika ovih

¹ mr. Nenad Ivanišević, dipl inž. građ., dipl. pravnik, Građevinski fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra br.73, tel: (011) 3218-595, e-mail: nesa@grf.bg.ac.yu

² mr. Predrag Petronijević, dipl inž. građ., Građevinski fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra br.73, tel: (011) 3218-595, e-mail: pecap@grf.bg.ac.yu

dokumenata, što je povećavalo mogućnost nesporazuma i sporova u toku ugovaranja i kasnije realizacije radova.

Šefovi službi nabavki MBR su uočili ovaj problem i odlučili da pristupe međunarodnoj harmonizaciji svoje tenderske dokumentacije, primenjujući kao osnovu za model ugovora FIDIC-ove uslove ugovora. Međutim, postojeći FIDIC-ovi uslovi nisu mogli biti u potpunosti prihvaćeni bez ikakvih izmena. Zbog toga su preporučili da se pripremi modifikovana forma FIDIC-ovih Ulova ugovora za izgradnju (poznatih kao "Crveni FIDIC"), 1. izdanje 1999. godine. U tom modifikovanom dokumentu Opšti uslovi bi trebali da sadrže standardne odredbe koje su ranije MBR zahtevale da budu uključene u Posebnim uslovima ugovora.

FIDIC je prepoznao prednosti harmonizacije za korisnike i prihvatio da u svoje Opšte uslove uključi izmene koje su MBR zahtevale. Upotreba harmonizovanih uslova bi trebala da značajno smanji broj dopuna i izmena koje treba uključiti u Posebne uslove ugovora. Posebni uslovi i dalje postoje, kao i u drugim FIDIC-ovi uslovima ugovora, ali su skoncentrisani na specifičnosti svakog projekta, a ne na zahteve MBR.

U pripremi Harmonizovanog izdanja FIDIC-ovih Uslova ugovora za izgradnju su učestvovala su sve velike međunarodne banke za razvoj uključujući Međunarodnu banku za obnovu i razvoj - Svetska banka (International Bank for Reconstruction and Development - The World Bank) i Evropsku banku za obnovu i razvoj (EBRD - European Bank for Reconstruction and Development). Očekuje se da će sve velike MBR prihvatiti ovo harmonizovano izdanje FIDIC-ovih uslova i uključiti ih u svoje standardne tenderske dokumente. Naravno FIDIC zadržava u celosti autorsko pravo nad ovim dokumentom.

2. OBLAST PRIMENE

"Uslovi ugovora za izgradnju" su predviđeni za radove niskogradnje i visokogradnje, elektro i mašinske radove (building or engineering works) kada projektnu dokumentaciju priprema naručilac. Oni se mogu primeniti u slučajevima kada:

- ugovaranje se vrši primenom tradicionalne ugovorne strategije,
- projektnu dokumentaciju obezbeđuje naručilac,
- tenderska dokumentacija sadrži predmer radova (Bill of Quantities) koji priprema naručilac (ili njegovi konsultanti). Količine iz predmera su aproksimativne i služe samo za upoređenje pristiglih ponuda
- plaćanje se vrši na bazi stvarno izvršenih količina radova i ugovorenih jediničnih cena
- u realizaciji projekta učestvuje Inženjer čije su funkcije između ostalog da verifikuje izvedene radove i da donosi druge tehničke odluke
- naručilac ima pravo da nominuje podizvođače za određene radove
- naručilac preuzima one rizike koje iskusni izvođač ne može da predvidi, koji su izvan kontrole ugovornih strana i koje nije lako pokriti osiguranjem (npr. nepredvidljivi uslovi u tlu su rizik naručioca)

3. STRUKTURA

Struktura uslova i njihova organizacija je preuzeta (u meri u kojoj je to bilo moguće) iz FIDIC-ovih "Uslova ugovora za izgradnju " čije je prvo izdanje objavljeno 1999.godine. Prilikom pripreme ovih FIDIC-ovih uslova pošlo se od zaključka da postoji veliki broj odredbi koje su generalno primenljive na većinu projekta za koje je odabrana tradicionalna ugovorna strategija. Uočeno je da osim ovih odredbi postoje i odredbe koje je neophodno posebno pripremiti za svaki pojedinačni ugovor kako bi se uzele u obzir okolnosti relevantne za određeni projekat i zbog toga se moraju razlikovati. Odredbe za koje se smatralo da su primenljive na većini projekata su sakupljene i izložene u Opštim uslovima, koji omogućavaju njihovo jednostavno uključivanje u svaki konkretan ugovor. Kompletni Opšti uslovi su podeljeni u 20 članova (poglavlja). Svaki član kroz svoje podčlanove, kojih ima više, reguliše jedan od elemenata ugovora i ugovornih odnosa.

Za razliku od FIDIC-ovih "Uslova ugovora za izgradnju " čije je prvo izdanje objavljeno 1999.godine koji su, u cilju pomoći pri pripremanju posebnih uslova, sadržali materijal sa objašnjenjima, uputstvima za pripremu i primerima klauzula specifičnih za pojedine ugovore (u svom drugom odeljku koji nosi naziv: "Uputstvo za pripremu posebnih uslova"), u harmonizovanom izdanju ovih uputstava nema. Samo se navodi naslov ovog poglavlja: "Posebni uslovi - Odeljak B: Specifične odredbe" (Particular Conditions - Part B: Specific Provisions). Takođe je izvršena izmena u tom smislu da u harmonizovanom izdanju nemamo Dodatak uz ponudu (Appendix to Tender), ali zato su podaci koji su se ranije navodili u ovom delu dokumenta smešteni u odeljku koji nosi naziv "Posebni uslovi - Odeljak A: Ugovorni podaci" (Particular Conditions - Part A: Contract Data).

Na kraju su dati modeli obrazaca Ponude, Pisma o prijvatu, Sporazuma o ugovoru, Sporazuma sa Odborom za sporove, kao i modeli različitih garancija koje su tražene ili neophodne za ugovaranje i realizaciju ugovora baziranih na ovim uslovima.

4. NAJBITNIJE IZMENE U ODNOSU NA FIDIC "CONDITIONS OF CONTRACT FOR CONSTRUCTION" FIRST EDITION 1999

U daljem tekstu će biti prikazane najbitnije razlike između odredbi FIDIC-ovih "Uslova ugovora za izgradnju - MBR harmonizovano izdanje 2005. godine" (u daljem tekstu OU HE) i FIDIC-ovih "Uslova ugovora za izgradnju, prvo izdanje 1999. godine" (u daljem tekstu OU C1)

U Članu 1. – OPŠTE ODREDBE (General Provisions) u OU HE dodate su definicije pojmova "Contract Data" umesto "Appendix to Tender", dodata je definicija "Schedule of Payment currencies". DAB ("Dispute Adjudication Board) je promenio ime u DB (Dispute Board), ali bez razlike u ulozi u realizaciji ugovora. Uvedena su definicije

"Bank" i "Borrower" ("Banka" i "Zajmoprimac") što je bilo neophodno s obzirom da su ovi uslovi namenjeni međunarodnim bankama za razvoj i njihovim zajmoprimcima. Zbog terminoloških razlika između pojedinih MBR označeno je da su reči "bid" i "tender" sinonimi koji označavaju ponudu. Precizirano je da naknada izvođaču koja u sebi sadrži i profit, podrazumeva profit u iznosu od 5%, a ne "razuman profit" kako je to predviđeno OU C1). Dodata je odredba 1.15 koja obavezuje Izvođača da omogući MBR kontrolu izvedenih radova i finansijske dokumentacije vezane za Ugovor.

U Članu 2. – NARUČILAC (The Employer) dodata je odredba o obavezi Naručioaca da obavesti Izvođača o odluci Banke da suspenduje plaćanja po ranije odobrenom zajmu iz koga se vrše plaćanja radova. Ova odredba ima punog smisla, jer je zajam (kredit) MBR garancija Izvođaču da će mu radovi, koje izvede prema Ugovoru, biti plaćeni.

U Članu 3. – INŽENJER (The Engineer) OU HE precizno su navedena pitanja i podčlanovi kada Inženjer mora da pribavi specijalno odobrenje od Naručioaca pre nego što preduzme bilo koju aktivnost ili donese odluku. Reč je pre svega o pitanjima koja se tiču dodatnih plaćanja i produžetka roka, odnosno varijacija radova.

U poslednjem stavu podčlana 4.2. predviđeno je da, ukoliko dođe do promene vrednosti radova u jednoj od ugovorenih valuta za više od 25%, Inženjer ima pravo da traži da Izvođač dostavi povećanu odnosno umanjenu garanciju za dobro izvršenje posla u iznosu promene vrednosti.

Vezano za podizvođače OU HE zahtevaju da i oni budu vezani zahtevom za poverljivošću podataka. Takođe se navodi da Izvođač treba da omogući podizvođačima iz zemlje u kojoj se izvode radovi da pod ravnopravnim uslovima učestvuju u realizaciji radova. Treba naglasiti da OU HE ne predviđaju nikakvu preferenciju za domaće podizvođače (što je u skladu sa pravilima za nabavke MBR). U slučaju da se zahteva određena preferencija za domaće učesnike to mora biti navedeno u Posebnim uslovima i usaglašeno sa bankom koja daje kredit.

U Članu 5. – NOMINOVANI PODIZVOĐAČI (Nominated Subcontractors) OU HE nema nekih novih rešenja u odnosu na OU C1, ali se postavlja pitanje da li će MBR dozvoliti ovakvu instituciju, jer je ona u suprotnosti sa osnovnim principima nabavki koje one finansiraju.

U Članu 6. – OSOBLJE I RADNA SNAGA (Staff and Labour) OU HE preporučuju da se angažuje lokalna radna snaga. Takođe je eksplicitno navedena odredba da se plaćaju porezi i doprinosi na plate zaposlenih u skladu sa lokalnim propisima države u kojoj se izvode radovi. MBR često insistiraju u sporazumu sa državom da se na sredstva iz zajma ne plaćaju određeni porezi. U posebnim uslovima treba posebnu pažnju posvetiti ovom pitanju i precizirati na koje poreze i doprinose se odnosi oslobođenjena.

OU HE u svom Članu 12. – MERENJE I VREDNOVANJE (Measurement and Evaluation) sada regulišu i pitanje posledice u slučaju da se u ponudi ne navede (preskoči) cena za neku od pozicija radova iz predmera. Ovo pitanje se često javlja i izaziva nedoumice. Neki smatraju da u takvim situacijama treba odbaciti celu ponudu,

dok drugi smatraju da treba poći od pretpostavke da je ponuđena cena za ove radove 0 (nula), tj. da se oni nude gratis uz ostale radove. OU HE je prihvatio drugo rešenje tj. predviđeno je da se u tom slučaju, vrednost za radove bez navedene cene smatra uračunatom u vrednost ostalih pozicija iz predmeta.

Odstupanje izmerene količine, u odnosu na količinu predviđenu predmerom radova, koje omogućava izmenu ponuđene jedinične cene u OU HE povećano je sa 10% na 25%.

U Članu 14. – UGOVORNA CENA I PLAĆANJE (Contract Price and Payment), podčlan 14.1 dodata je tačka (e) koja definiše da će oprema Izvođača koja je uvezena isključivo za potrebe realizacije Ugovora biti oslobođena uvoznih carina i poreza. Ovo pitanje se u principu ne može rešiti samo ugovorom između Naručioca i Izvođača, već je ovo pitanje potrebno regulisati ugovorom između MBR i države zajmoprimca.

U podčlanu 14.2 OU HE predviđeno je da se avans vraća tek nakon što overene kumulativne situacije pređu 30% od ugovorene vrednosti radova (a ne 10% kako je predviđeno OU C1), i to po stopi koja je navedena u Ugovornim podacima (a ne više po stopi od 25%). U podčlanu 14.9 je predviđeno da se drugi deo zadržanog (retencionog) iznosa može isplatiti nakon izdavanja Potvrde o primopredaji radova, a na zahtev Izvođača, ali uz prethodni uslov da Izvođač dostavi odgovarajuću bankarsku garanciju za otklanjanje nedostataka u Periodu za obaveštavanje o nedostacima (garantnom periodu). Ovo je vrlo bitna novina OU HE, jer se po završetku izvođenja radova završava i sporazum sa MBR, pa bi bilo teško Naručiocu da iz svojih sredstava, naknadno (po isteku garantnog perioda), isplatiti ovaj preostali deo retencionog iznosa.

Novi podčlan na kraju Člana 15. – NARUČIOČEV RASKID (Termination by Employer) u OU HE daje pravo Naručiocu da raskine ugovor u slučaju da Izvođač bude učestvovao u prevarnim aktivnostima i korupciji. Ovaj podčlan ukazuje na strah MBR od korupcije i prevara na projektima koje one finansiraju. S druge strane OU C1, se primenjuju na privatnim projektima, pa je puno manja opasnost od korupcije nego na javnim projektima koje finansiraju MBR.

Član 20. – POTRAŽIVANJA, SPOROVI I ARBITRAŽA (Claims, Disputes and Arbitration) OU HE sadrži manje izmene u odnosu na OU C1. Promenjen je naziv sa "Dispute Adjudication Board" na "Dispute Board", ali bez suštinske razlike. "Adjudicata" asocira na sud, što ovaj organ u suštini i nije, pa je logična promena naziva u "Odbor za sporove". Preciznije se definišu uslovi koje treba da ispunjava član ovog odbora, kao i procedura zamene člana.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su analizirani FIDIC-ovi "Uslovi ugovora za izgradnju - MBR harmonizovano izdanje" objavljeno 2005. U odnosu na FIDIC-ove Uslove za izgradnju prvo izdanje, objavljeno 1999. godine izvršene su manje izmene kako bi se FIDIC-ovi uslovi prilagodili specifičnim zahtevima MBR. Suštinskih razlika između ova dva izdanja nema.

Kod ugovora baziranih na FIDIC-ovim uslovima treba imati u vidu da se kroz Posebne uslove mogu uneti značajne izmene u odnose između Naručioca i Izvođača i da se na taj način može značajno poremeti balans rizika. Zbog toga je potrebno pre zaključenja bilo kog ugovora baziranog na FIDIC-ovim uslovima pažljivo proučiti sve uslove ugovora, ali i pravne norme koje regulišu ugovorne odnose, jer sve ugovorne odredbe dobijaju svoj puni smisao tek u konkretnom pravnom okruženju. S obzirom na višedecenijsko intenzivno korišćenje FIDIC-ovih uslova za ugovaranje međunarodnih investicionih projekata, ne treba sumnjati da će i ovi harmonizovani uslovi, posebno očekujući njihovu obaveznu primenu u sklopu Standardne tenderske dokumentacije velikih MBR, biti osnova za veliki broj ugovora o investicionim radovima u narednim godinama.

LITERATURA

- [1] FIDIC: Conditions of Contract for Construction, Multilateral Development Bank (MDB) Harmonised Edition, 2005
- [2] FIDIC: Conditions of Contract for Construction, First edition, 1999, Lausanne
- [3] Ž.Prašćević, N.Klem, G. Ćirović, N.Ivanišević, M.Pejanović, M.Samardžić: "TENDERSKE PROCEDURE U GRAĐEVINARSTVU", izdanje Građevinskog fakulteta u Beogradu, 2002. godine, ISBN 86-7518-020-9
- [4] Ž.Prašćević, N.Ivanišević:"AKTUELNI FIDIK-ovi USLOVI UGOVORA - II DEO - FIDIK-ovi USLOVI UGOVORA ZA IZGRADNJU" - stručni rad u "GRAĐEVINSKOM KALENDARU 2001", Beograd, 2000. (str.7-62)
- [5] Ivanišević Nenad: "Prilog sistematizovanju i analizi tipova međunarodnih ugovora u građevinarstvu, sa posebnim osvrtom na FIDIK-ove uslove po sistemu projektuj-izgradi ključ u ruke", magistarska teza, 1998, Beograd
- [6] Ivković Branislav, Popović Željko: Upravljanje projektima u građevinarstvu, "Građevinska knjiga", 2005, Beograd
- [7] The World Bank: Procurement under IBRD Loans and IDA Credits, 1995
- [8] The World Bank: Procurement of Works , Standard Bidding Documents, Washington, 2000

NEW FIDIC CONDITIONS OF CONTRACT FOR CONSTRUCTION MDB HARMONIZED EDITION

Summary: *In cooperation with the Multilateral Development Banks (MDBs), FIDIC prepared new "Conditions of Contract for Construction - MDB harmonized edition". These conditions are based on the FIDIC Conditions of Contract for Construction first edition 1999. Changes have been made in the General Conditions in order to include changes usually requested on projects financed by the MDBs. It is expected that this document will become a part of Standard Tender (bid) Documents of the most important MDBs and ease the preparation of contract documents for procurement of works*

Key words: *FIDIC, harmonization, works, contract, tender documents, multilateral development banks*

BUSINESS EDUCATION FOR CONSTRUCTION MANAGERS

Mariza Katavić¹
Siniša Matic²
Anita Cerić³

UDK:005:69

Summary: *For many years Croatian civil engineers have been heading large-scale projects that demand special managerial skills, although without any formal training in management. As Croatia is fast moving towards European Union and the western model of market economy it has become obvious that civil engineers need additional training in business. Thus educating civil engineers to manage companies and projects successfully is an extremely important task. In 2002, the International “MBA in Construction” programme was launched at the Faculty of Civil Engineering in Zagreb, specially designed and adapted to the construction industry’s specific needs, as “general” MBA is not always suitable for engineers holding managerial jobs in companies and/or in construction projects. Most of the students attending the programme were civil engineers and architects, graduates from Faculties in Croatia. The authors are presenting problems that have emerged from the introduction of the programme and also giving suggestions for its future improvement and development*

Keywords: *Civil engineering, Education, MBA*

1. INTRODUCTION

MBA started out as an American, and then Anglo-American qualification. In the 1960s it was adopted in Europe. It started its life as an “élite” business qualification for potential leaders and senior managers and the title “Master of Business Administration” stems from their original focus when the core of senior management practice was concerned with administration. Boyatzis et al. [1] still see the objective of graduate management education as preparing people to be outstanding managers and leaders. It has developed along capitalist principles and represents a Western interpretation of management and leadership.

Today the MBA is allegedly a global qualification, taught all around the world, and also delivered by e-learning so it is globally accessible. Originally the MBA was offered

1 Prof. Mariza Katavić, Ph.D.Econ., Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: mariza@grad.hr

2 Siniša Matic, B.Sc.Civ.Eng., Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: simatic@grad.hr

3 Anita Cerić, Ph.D.Civ.Eng., Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: anita@grad.hr

only by the “prestigious” business schools, and accreditation with the AACSB, AMBA or EQUIS were taken as necessary stepping-stones on the way to validating and offering the degree. The demand for that kind of education was significantly greater than the market offer. In the mean time the market has changed as more and more providers offered the MBA title, and accreditation is not even sought by many of them.

The last fifteen years have seen massive expansion of the Master of Business Administration (MBA) provision around the world, with virtually every university business school having one, and some having more than one. Supply of places largely exceeds demand as the market is flooded with a range of MBA programmes, offering different modes of delivery, different specialisations with some being accredited by quality bodies, and others not.

Birchall and Smith [2] view the MBA market as having considerable potential for a diverse range of business school offerings. Should the MBA be offered with specialisations for example, to address certain niche markets (e.g. an MBA in Health Sector Management, or an MBA in Marketing), or should it remain focussed on a generalist, all-round curriculum supposedly applicable to everyone? At the moment, none of the answers to these questions are clear as conflicting views are held both within and between institutions.

That was a ground for our approach to create the “MBA in Construction” at the University of Zagreb as programmes offering “general managerial training”, in our opinion are not appropriate for construction managers, because they do not take into the account the specific characteristics of the construction industry.

Construction differs fundamentally from all other industries, because in the “normal” industrial process the product changes its place and the production factors (people and machinery) are static. In construction it is the opposite – the product (the site, the building under construction) is static and does not change its place. When the “production process” is finished “the product” stays where it was made, while the production factors (people and machinery) move on to the next location – to the “next product”.

For many years, our civil engineers have been successfully heading building and construction companies as well as different large-scale projects (dams, nuclear plants, ports, etc). They have proved their technical knowledge, skills and expertise working in different economic and political environments. However, they had problems in managing companies and projects as they had no formal knowledge or training in management. Specialisation in business management, known as MBA, is today in new – former Eastern European countries probably the most highly respected qualification in business, as it is perceived as a form of additional high education in management, thus the demand for “western style” business education is so huge and MBAs are expanding.

2. WHY MBA IN CONSTRUCTION ?

Managers run companies and projects with the purpose of achieving maximum business results through the direct control of labour performance and the flow of considerable financial resources. The overall purpose of management is to help the organisation achieve its objectives. For the firm this means achieving profitability and liquidity, thus

guaranteeing survival. A good manager can save a bad company, whereas an incompetent manager can ruin a good company.

Following the present trends in modern market economies, more and more people strive for new knowledge and enrol in postgraduate courses. Although nowadays most postgraduate courses offer specialised programmes for specific fields, the demand for multidisciplinary and interdisciplinary programmes is progressively increasing. One of the typical programmes of that kind is MBA, intended for young professionals in managerial positions on their way up the hierarchical ladder.

H. Fayol [3] speaking generally about the knowledge necessary for managerial work, as early as 1949, established the correlation between technical and other general (economic, sociological, managerial and other) knowledge for various job positions in the management hierarchy.

Work place	Technical knowledge needed	Other knowledge needed
1. Worker	85 %	15%
2. Skilled worker	60 %	40 %
3. Technical manager	30 %	70 %
4. General manager	10 %	90 %

Table 1. Correlation between technical and other knowledge

The percentage of “general knowledge” grows as one climbs up the managerial ladder. Every manager well knows that the higher his/her position in the managerial structure is, the less he/she has “to do” with solving technical/professional problems and the more time and energy he/she spends in solving “all the other” problems in the company.

In April 1989 [4] in a survey that included engineers who had graduated from the Faculty of Civil Engineering at the University of Zagreb, between 1955 and 1985, specific managerial features and “the most important” knowledge and skills for a construction manager were identified. The result of the respondents’ evaluation was the ranking list of the ten most important skills and knowledge for the construction manager, the first being „command of technical knowledge and professional skills”. They firmly expressed the view that a person must in the first place be a good engineer to be a good construction manager. They placed the ability to control expenses last of the ten most necessary kinds of knowledge.

In 2001 a field research about the essential knowledge and skills that the successful manager in the construction industry should possess has been undertaken again [5]. The results were interesting. Respondents ranked knowledge in management science (analysis, planning, organisation, motivation, control) topmost. Project management (planning methods, resource management, risk analysis etc.) was considered the next most important knowledge by 91% respondents, and economics came third (accounting, marketing, finances, international economic relations etc.).

International “MBA in Construction” given at the University of Zagreb is a programme that focuses on construction with the purpose of providing present and future construction managers with knowledge in various scientific and professional fields necessary for understanding and mastering complex management processes. Educating civil engineers to manage successfully, as proposed in this International “MBA in

Construction” programme at University of Zagreb, is probably a crucial and extremely important task for Croatia’s economic development.

3. THE HISTORY OF THE PROGRAMME

“MBA in Construction” programme at University of Zagreb is completely comparable with European trends, which was confirmed when the EU approved CD_JEP TEMPUS programme enabling commencement of this programme in February 2003.

In June 2003 the University of Zagreb Senate approved the proposed curriculum making it one of two MBAs graduate business management programmes that has University of Zagreb evaluation, and is has been recognised as an international university postgraduate course. The programme carries a total of 120 ECTS credits in three terms of teaching and a master’s thesis [6].

Enrolment requirements include the GMAT (Graduate Management Admission Test) which course participants had to pass at the Prometric Testing Centre in Zagreb

Twenty three students enrolled. They were graduates from the Croatian faculties: civil engineering (82,61%), architecture (13,04%) and mechanical engineers (4.35%). The average student's age at enrolment was 32, and the average duration of their previous work experience was 5 years and 4 months. Only 4.35 % students came from contracting companies.

As it was said before the programme was started with the support of the EU TEMPUS academic support programme so the “receivers-students” were only from Croatia. According to the TEMPUS rules only members of the consortium could take part in delivering the programme and as the International “MBA in Construction” programme was a project of Zagreb University (Faculty of Civil Engineering and Faculty of Economics), in cooperation with partner institutions from EU - Great Britain, Germany and Slovenia. Teachers from Dundee University, Reading University, Salford University, Technische Universität München, and University of Ljubljana taught together with their colleagues from Croatia. Almost all syllabi were taught by at least two teachers – one Croatian and other European, sharing and exchanging their knowledge and experience with each other and with students.

In the opinion of the employers, the greatest “shortcomings” of the course was the **duration of studies** (12 teaching modules require the absence of the employee for as long as that, which employers did not find acceptable); the **dislocation of teaching** (teaching at the University of Zagreb’s Centre for Advanced Academic Studies in Dubrovnik, in the employers’ opinion, only increases the expenses of the study course – air tickets, student accommodation, expenses for food - without providing any visible advantages over teaching in Zagreb [7].

It is interesting that the data about student attendance at lectures showed that the lectures held in Dubrovnik were more visited than those held in Zagreb. The reason was that students were free of their work obligations and could completely devote themselves to their studies, which was not possible during the lectures in Zagreb, which was the place of employment for most students.

4. LESSONS LEARNED

The problems observed during the first generation of the postgraduate "MBA in Construction" study course cannot be completely eliminated, but they can be greatly mitigated by taking the objections of the businessmen into account and by closer cooperation. Using the experiences of the first generation of students some changes were made to improve the quality of the course and to facilitate the recruitment of new participants.

The Programme was modified by adding new optional courses and decreasing the number of modules per term (see more on www.grad.hr/mba). Teaching now includes 6 modules focusing on months that are less active for construction industry (October, November and January, February). According to the new model, teaching in one module lasts 9 days, from Saturday to the following Sunday, with 8 – 9 hours of lectures a day. Thus students “sacrifice” two weekends for their education and employers “sacrifice” 5 working days. All teaching was held in the Centre for Advanced Academic Studies in Dubrovnik, which showed itself a very good solution ensuring for students the very necessary peace in order to focus on their studies.

But still, our customers (students as well as their employers) complained about the amount of time they were absent from their workplaces.

How to maintain the continuity of quality university education and at the same take into account the reality of the lack of time for education is a problem that faces not only students and their future employers, but in the first place universities, who are expected to be the bearers of knowledge transfer. The solution for this problem demands a different, more flexible approach to studying, where the student, his needs, wishes and possibilities will be placed in the foreground. New technologies have become an inseparable part of everyday life resulting in increased pressure for their more efficient integration in educational processes also.

Bearing in mind the very rapid changes in research and the need to fundamentally change the approach to lifelong education and upgrading, especially in interdisciplinary and multidisciplinary fields, the use of the new e-learning technologies for knowledge transfer by trained highly-qualified professional teachers is becoming a possible solution for the quality lifelong education of constructors, in harmony with European and world trends.

Comparing e-learning MBAs and traditional MBAs with regard to their global potential, the strengths are that it can be disseminated to large numbers globally, affording local delivery where students cannot attend class, and allowing people to receive high education without having to be out of work for a long time

Thus we are contemplating on introducing e-learning methods to our next International “MBA in Construction” generation of students making us part of the global knowledge society in which we can and must have a significant place and role.

6. CONCLUSIONS

Many countries in our part of the world require great investments in construction and modernisation of the infrastructure and other facilities to advance the potentials necessary for economic and political stability and development.

This can only be achieved with well-trained managers who are experienced in construction. Therefore, the “MBA in Construction” is designed to appeal managers within all construction disciplines. Modern education implies contemporary teaching programmes, methods and competencies of knowledge transfer as an essential precondition for the development not only of Croatian higher education, but of society in general. How to maintain the continuity of quality university education taking at the same into account the reality of the lack of time for education, is a problem that faces not only students and their employers, but in the first place university teachers who are expected to be the bearers of knowledge transfer.

The need for a different and more flexible approach to learning is especially shown after the completion of regular education. Technologies and knowledge change very quickly, and the world is becoming a “global village” where information is exchanged in real time. This is especially so in engineering professions such as construction.

REFERENCES:

- [1] Boyatzis, R.E., Stubbs, E.C., Taylor, S.N.: Learning cognitive and emotional intelligence competencies through graduate management education, *Academy of Management Learning & Education*, Vol. 1, No.2, p. 150-62., 2002.
- [2] Birchall, D., Smith, M.: *Scope and Scale of E-learning Delivery amongst UK Business Schools*, CEML, London, 2002
- [3] Fayol, H.: *General and Industrial Management*, Pitman Publisher, London, 1949.
- [4] Katavić, M., Đukan, P.: *The Civil Engineer as a Manager*, 3rd Yugoslav Symposium in Building Organisation, Cavtat, University of Zagreb, p. 767-779, April 1989
- [5] Katavić, M., Cerić, A.: *In Pursuit of the Perfect Project Manager*, 2nd SENET Conference on Project Management, Cavtat, University of Zagreb, p. 73-83, April 2002
- [6] Katavić, M., Matić, S.: *MBA in Construction*, 11th Joint CIB International Symposium, Helsinki, Finland, June 2005
- [7] Katavić, M., Matić, S., Cerić, A.: *The Engineer's Education in Business and Construction Management*, ARCOM Twenty First Annual Conference 2005, London, United Kingdom, September 2005

POSLOVNO OBRAZOVANJE GRAĐEVINSKIH MANAGERA

Rezime: *Godinama su hrvatski građevinski inženjeri vodili velike projekte koji zahtijevaju specifične menadžerske discipline, iako nisu imali nikakvo formalno obrazovanje iz menadžmenta. Pošto se Hrvatska približava europskoj zajednici i zapadnom modelu tržišnog gospodarstva postalo je očigledno da graditelji trebaju dodatnu izobrazbu u menadžmentu. Stoga je obrazovanje građevinskih inženjera za vođenje poduzeća i projekata zadatak od velike važnosti. 2002. godine na Građevinskom fakultetu u Zagrebu je započeo s radom Međunarodni program MBA u Graditeljstvu, posebice oblikovan i prilagođen potrebama graditeljstva, pošto opći MBA program nije uvijek prikladan za inženjere na rukovodećim mjestima u poduzećima i na građevinskim projektima. Većina polaznika programa su bili inženjeri građevinarstva i arhitekture sa tehničkih fakulteta u Hrvatskoj. U ovom radu autori predstavljaju probleme koji su nastali nakon pokretanja programa, kao i preporuke za njegovo daljnje usavršavanje i razvoj.*

Ključne riječi: *Graditeljstvo, Obrazovanje, MBA.*

IMPLEMENTACIJA PLANA UPRAVLJANJA RIZIKOM PROJEKTA

Miloš Knežević¹,
Živojin Prašević²

UDK:005:69

Rezime: U radu su date osnovne naznake organizacionog modela za fazu implementacije projekta, menadžmenta projekta, nadzorne službe irukovođenja i izvršavanja zadatka. Sav prikaz je dat u cilju sniženja, alociranja ili pak izbjegavanja rizika na građevinskim projektima

Ključne reči: Implementacija, upravljanje rizikom, organizacioni model, baza podataka

1. UVOD

Implementacija podrazumijeva transformaciju plana upravljanja rizikom projekta u konkretne akcije u faktičkim uslovima rada. Uspjeh implementacije u najvećoj mjeri zavisi od kvalitetnog planiranja i predviđenih mjera za efikasno ostvarivanje plana. Implementacija i praćenje realizacije plana temelji se na procesima koji aktiviraju ranije definisane strategije kroz određena pravila, procedure i načine reagovanja.

U svim fazama implementacije projekta neophodno je projekat kontrolisati sa aspekta realizacije planiranih rokova, troškova i budžeta. Kontrolu realizacije projekta definišu B. Ivković i Ž. Popović (2) kroz četiri faze i to: fazu procjene-planiranja, fazu uvida u stvarno stanje radova, fazu poređenja planiranog i ostvarenog sa analizom uzroka i fazu preduzimanja akcija za minimiziranje odstupanja.

2. ORGANIZACIONI MODEL ZA FAZU IMPLEMENTACIJE PROJEKTA

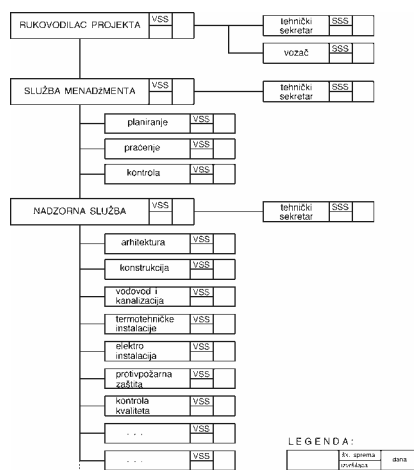
U fazi implementacije plana projekta neophodno je da investitor formira tim koji će pratiti implementaciju plana. U tom smislu za građenje kompleksnijih objekata za koje je neophodno uključiti multidisciplinarni tim stručnjaka potrebno je razdvojiti nadzornu službu i menadžment službu. Nakon analize sagledavanja parametara neophodnih za upravljanje u uslovima rizika predlaže se organizacioni model prema slici 1.

U okviru predloženog uočava se da je rukovodilac projekta nadležan za realizaciju svih aspekata projekta. Menadžment služba ima posebne funkcije planiranja, praćenja i

¹ Doc. dr Miloš Knežević, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b., tel: 081-244-905, e-mail: milosknezevic@hotmail.com

² Prof. dr Živojin Prašević, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra, tel: 011-244-905, e-mail: zika@grf.bg.ac.yu

kontrole, dok se nadzorna služba koncipira u konkretnim uslovima prema zahtjevnosti samog graditeljskog zahvata.



Slika 1. Predloženi model za fazu implementacije projekta

Predloženi model je primjenljiv u svim fazama realizacije projekta. Za naročito kompleksne projekte neophodno je iste kontinuirano pratiti kako u fazi koncipiranja tako i u fazi projektovanja. Broj izvršilaca zavisi od veličine i obima projekta. U okviru predloženog organizacionog modela za implementaciju plana upravljanja rizikom projekta jasno se uočavaju tri osnovne funkcije: rukovođenje, menadžment tim i nadzorna služba. Funkcija rukovođenja i izvršavanja zadataka kojom koordinira rukovodilac projekta objedinjava funkcije menadžment tima i nadzorne službe.

3. MENADŽMENT PROJEKTA

Menadžmentu projekta povjeravaju se zadaci vezani za planiranje (uključujući i replaniranje), praćenje i kontrolu cjelokupnog projekta. Investitor može menadžment projekta povjeriti specijalizovanoj firmi ili isti obavljati sa svojim stručnim kadrovima. Tokom realizacije velikih investicionih zahvata menadžment projekta treba da naročito obavlja sljedeće aktivnosti:

- *Planiranje i praćenje rokova, finansijskih sredstava i resursa*

Ova aktivnost podrazumijeva: organizaciju izrade i inoviranje generalnih, mjesečnih i nedeljnih planova, te njihovo praćenje i kontrolu, a sve to uz primjenu savremenih programa i sredstava; praćenje planiranih i pojavu novih rizika projekta; pripremu odgovarajućih informacija i razmatranje cjelokupne problematike zajedno sa investitorom, izvođačima i isporučiocima opreme.

- *Izbor projektanta i/ili izvođača radova*

Ova aktivnost podrazumijeva: pripremu ugovorne dokumentacije; izradu projektnog zadatka; poziv za podnošenje ponuda; otvaranje ponuda; ocjenjivanje i vrednovanje ponuda; pripremu predloga za dodjelu poslova najpovoljnijem ponuđaču i pripremu za zaključivanje ugovora.

- Interna tehnička kontrola i tehnička kontrola dokumentacije

Interna tehnička kontrola podrazumijeva kontrolu rada projektanta u cilju racionalnog izbora rješenja. Takođe, neophodno je pratiti rad Komisije za tehničku kontrolu projektne dokumentacije. U okviru ove faze moguće je spriječiti pojavu niza rizika koji mogu izazvati visoke troškove i prekoračenje rokova u fazi građenja.

- Organizovanje građenja objekta

Ova aktivnost podrazumijeva: uvođenje projektanta i/ili izvođača u posao; koordinaciju svih učesnika u izgradnji; stručni nadzor nad svim vrstama radova; kontrolu kvaliteta; organizovanje i kontrolu vođenja cjelokupne tehničke, finansijske i ostale dokumentacije koja prati građenje; saradnju sa inspekcijским i svim drugim nadležnim organima i organizacijama; rješavanje svih ostalih pitanja iz domena građenja objekta.

- Organizacija i kontrola izrade projekta izvedenog objekta

Ovo podrazumijeva organizovanje i kontrolu rada projektanta i ostalih učesnika u izgradnji objekta na izradi projekta izvedenog objekta. Tokom ove faze eliminiše se pojava rizika u garantnom roku i eksploatacionom periodu objekta.

-Vođenje postupka za tehnički pregled i dobijanje upotrebne dozvole za korišćenje objekta

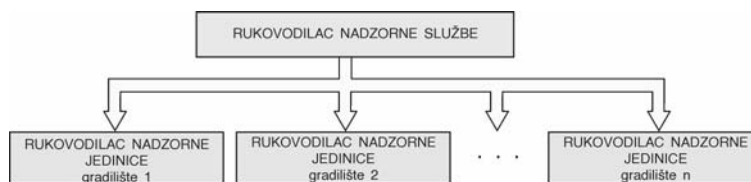
Ova aktivnost podrazumijeva: organizaciju i kontrolu pripreme dokumentacije; podnošenje zahtjeva nadležnom organu; prisustvo radu komisije za tehnički pregled i pružanje svih usluga; organizovanje otklanjanja eventualnih nedostataka i dobijanje upotrebne dozvole.

- Konačan obračun i primopredaja objekta

Ova aktivnost podrazumijeva: konačan obračun između investitora i učesnika u izgradnji; primopredaju radova i objekta između investitora i učesnika u izgradnji i primopredaju dokumentacije između investitora i učesnika u izgradnji.

4. NADZORNA SLUŽBA

U toku građenja objekta investitor je obavezan da obezbijedi stalni stručni nadzor. Zbog značaja ove službe u cjelokupnom procesu realizacije projekta ista je u modelu prikazana nezavisno.



Slika 2. Šema organizovanja službe nadzora

Njena organizacija može biti proširena u slučajevima kada u procesu građenja učestvuju mnoge prostorno razdvojene i udaljene organizacione cjeline, pa će investitor za svako gradilište obezbijediti nadzorne jedinice. Način organizovanja službe nadzora prikazan je na slici 2.

Služba nadzora preko svojih nadzornih jedinica izvršava sljedeće zadatke: kontrolu radova u skladu sa tehničkom dokumentacijom na osnovu koje je izdato odobrenje za građenje ili eventualno odobrenje za pripremne radove, kontrolu radova u skladu sa važećim zakonskim propisima, normativima i obavezujućim standardima, kontrolu materijala i opreme koji se ugrađuju, kontrolu preduzetih mjera zaštite životne sredine (sigurnost radnika, radova, opreme, saobraćaja, susjednih objekata i sl.), kontrolu obezbjeđenja dokaza kvaliteta pojedinih radova, kontrolu ispunjavanja ostalih ugovorenih obaveza u skladu sa projektovanom dinamikom, kontrolu gradilišne dokumentacije i dr.

Nadzornoj službi se u okviru njenih ovlašćenja može povjeriti praćenje i kontrola planiranih akcija za smanjenje, alokaciju ili izbjegavanje rizika.

5. RUKOVOĐENJE I IZVRŠAVANJE ZADATAKA

Rukovodilac projekta je ključan za implementaciju samog projekta. On nije taj koji rješava sve zadatke već koji koordinira i kontroliše rad tima stručnjaka. Rukovodilac projekta mora imati integrativnu ulogu, mora poznavati načine i tehnike za vođenje, pomaganje i motivaciju ljudi. Rukovodioci nadzornih jedinica uvijek primaju zadatke od rukovodioca službe nadzora. Rukovodilac menadžmenta je odgovoran rukovodiocu projekta, a izdaje zadatke službi menadžmenta i nadzornoj službi.

U procesu upravljanja rizikom projekta neophodno je da rukovodilac projekta organizuje: iniciranje pojedinačnih aktivnosti, izradu dinamičkih planova realizacije aktivnosti koji su u skladu sa izvršavanjem aktivnosti na pojedinačnim objektima, izradu dinamičkih planova svojih aktivnosti (planiranje obilaska terena, stručne ekspertize u slučaju potrebe i sl.), praćenje odvijanja aktivnosti uz pomoć projektovane baze podataka za upravljanje u uslovima rizika, analiziranje iskorišćenja resursa izvođača i svojih resursa na planiranju i upravljanju službom menadžmenta i/ili nadzora, obustavljanje aktivnosti menadžment ili nadzorne službe ili pak izvođača i preraspodjelu aktivnosti izvršiocima.

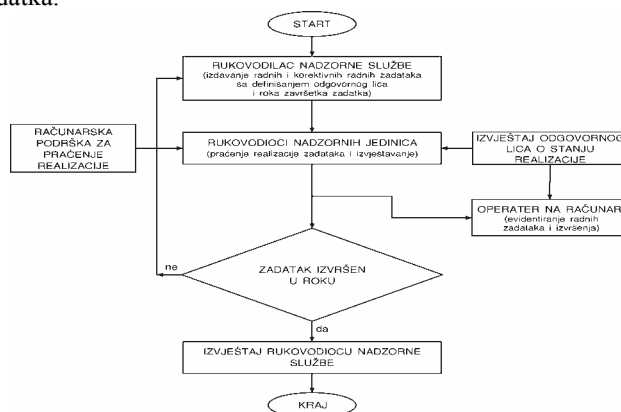
Zbog značajnog učešća velikog broja izvođača radova i tržišnih uslova privređivanja nameće se potreba za korišćenjem novih koncepata i filozofija u vršenju zadataka upravljanja projektom u uslovima rizika, a s ciljem donošenja pravovremenih odluka. Nadzorne jedinice na gradilištu ne mogu rješavati krupnu problematiku, a naročito ako se radi o pitanjima koja se tiču odstupanja od ugovora, bilo da su se javila kao poseban problem u toku izgradnje, bilo da su nejasnoće u pogledu tumačenja ugovorne dokumentacije. Složenija pitanja koja se odnose na više organizacionih jedinica, a koja tretiraju problematiku tehničkih, tehnoloških i/ili finansijskih poslova, takođe se ne mogu rješavati na nivou nadzornih jedinica. Ove poslove mora rješavati menadžment projekta. Još jedan bitan aspekt je da građevinsku proizvodnju veoma često prate poremećaji koji zahtijevaju iznalaženje efikasnih korektivnih akcija koje treba da podrži služba menadžmenta, kao i da prati planirane i nove rizike koji se javljaju tokom realizacije projekta. Sve ovo utiče da se investitoru nameće potreba da definiše i formalizuje ponašanje svih učesnika u poslu.

Da bi se taj cilj uspješno postigao treba elektronski arhivirati podatke formiranjem baze podataka sa zadatkom:

- da se u toku građenja obezbjedi sistematsko čuvanje, ažuriranje i pretraživanje podataka sa ciljem korišćenja istih u donošenju upravljačkih odluka i akcija,
- da se vizuelno mogu pratiti i identifikovati svi elementi objekata zbog čega se formira udoban pripadajući *interface*, čime se dobija na brzini rada,
- da se u toku građenja može upravljati budžetskim sredstvima (ažurna evidencija),
- da se svakodnevno ima uvid u akcije koje je neophodno preduzeti, zbog čega je bazu neophodno dinamički konfigurirati i horizontalno povezati program baze sa programom za dinamičko planiranje i
- da se obezbjedi mogućnost ograničenog dostupa zainteresovanim subjektima preko Internet mreže.

Baza podataka za upravljanje rizikom projekta formira se sa ciljem da se sprovedi permanentna kontrola, praćenje i upravljanje: vremenom i troškovima projekta.

Baza podataka može biti i integralno dopunjena za upravljanje: resursima, kvalitetom, specifičnostima projekta i dr. Ovakav način upravljanja danas je podržan prenosnim računarima i mobilnom telefonijom. U tom smislu rukovodilac nadzorne službe treba da za obavljanje pojedinih aktivnosti centralizovano upravlja nad nadzornim jedinicama na terenu i to: formiranjem radnih zadataka koje dodjeljuje pojedincima u službi nadzora, obezbjeđivanjem mogućnosti preuzimanja dokumenata od drugih službi nadzora koje su na istom zadatku, a na teritorijalnoj udaljenosti i obezbjeđivanjem mogućnosti pretraživanja drugih baza dokumenata. Na slici 3. prikazan je algoritam kontrole izvršavanja zadatka.



Slika 3. Algoritam kontrole izvršavanja zadatka

Za definisanje dva veoma značajna aspekta sa stanovišta planiranja i praćenja u fazi upravljanja građenjem, koji se sastoje od:

- izbora i primjene sistema praćenja koji mjeri izvršenje u odnosu na plan i
- izbora sistema izvještavanja koji prepoznaje odstupanje od plana,

neophodno je definisati radni zadatak u kom se planira rok završetka i odgovorno lice za izvršenje posla.

Izuzetno mukotrpan posao je prikupiti podatke i uskladištiti ih u bazu ako se ovaj posao ne odvija kontinuirano sa procesima formiranja baze.

6. RJEŠAVANJE EVENTUALNIH KONFLIKATA USLJED NEPLANIRANIH RIZIKA

Kod većine građevinskih projekata neophodno je pretpostaviti rizike i planirati akcije u uslovima rizika. Međutim, postoji niz rizika, koji se mogu dogoditi iako nijesu bili planirani, iako se nijesu dogodili na sličnim projektima u prošlosti.

Rukovodilac projekta, menadžment tim i nadzorna služba moraju biti spremni i na rizike koji se neplanirano pojave. U tom smislu neophodno je pravovremeno otkriti problem na osnovu njegovih indikatora, kao i kod procesa planiranja u uslovima rizika, zatim identifikovati rizik, ocijeniti ga, vrednovati, definisati planirane aktivnosti sa odgovornošću i osiguranjem istih, kao i propisati mjere za smanjenje rizika. Naravno u ovoj fazi je neophodno sagledati uticaj pojave novog rizika na projekat i na mjere koje su predviđene u smislu umanjjenja neželjenih posljedica planiranih i prihvaćenih rizika. Potrebno je da se tokom faze implementacije projekta definišu kritične tačke u kojima treba preispitati uticaje mjera za smanjenje planiranih rizika i provjeriti da li postoje indikatori novih rizika.

LITERATURA

1. Đuranović P. Upravljanje građevinskim projektima, Građevinski fakultet, Podgorica, 2004.
2. Ivković B, Popović Ž. Upravljanje projektima u građevinarstvu, Jugimport-SDPR i IP Nauka, Beograd, 1995.
3. Knežević M. Podloge za izradu baze podataka za upravljanje projektovanjem i građenjem autoputeva, Magistarska teza, FTN Novi Sad, 2001. str. 163.
4. Simić R. Organizacija podataka, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
5. Prašević Z. Informacije i informacioni sistemi, Informacioni sistemi i upravljanje projektima u građevinarstvu, SGIT Srbije i Građevinski fakultet u Beogradu, Arandelovac, 1988. (27-44).

PLAN IMPLEMENTATION OF THE MANAGEMENT FOR THE PROJECT RISK

Summary: *There are the basic features of the organizational model for the phase of the project implementation, of the project management, of the supervision office for the management and of the task realization. The whole view is given with the aim of reducing, allocation or risk avoiding at the engineering projects.*

Key words: *Implementation, risk management, organizational model, data base*

DINAMIČKO UPRAVLJANJE PROJEKTOVANJEM METODOM KRITIČNOG NIZA

Miodrag Kovačević¹
Predrag Popović,²
Ljubiša Kovačević³

UDK:65.012.2

Rezime: U upravljanju projektima metod kritičnog niza polazi od pretpostavljene analize projektnih zadataka i utvrđuje njihovu kritičnost sa stanovišta njihove deljivosti sa drugim projektima u okviru preduzeća. Ako se ovom analizom utvrdi da su resursi bez ograničenja dodeljeni zadacima tada ova metoda prelazi u klasične metode dinamičkog programiranja rokova.

Ključne reči : kritični niz, upravljanje projektima, deljivi resursi.

1. UVOD

Projektovanje novog proizvoda/usluge predstavlja ključni proces svakog poslovnog sistema, jer od projektantskih rešenja zavisi izabrani tip tehnologije za realizaciju i kvalitet proizvoda/usluge, kao presudnog elementa za uspeh proizvoda/usluge na tržištu. Zbog toga se pred svaki projekat postavljaju visoki ciljevi i mnogobrojna ograničenja, od kojih su, pored kvaliteta, najznačajniji troškovi i potrebno vreme za realizaciju. Zadnjih decenija dvadesetog veka, trajanje projektovanja je došlo u žižu menadžerskih interesovanja, jer je pravovremenost pojave novog proizvoda/usluge na tržištu postao presudan faktor uspeha i, posledično, strateški cilj preduzeća. Projektovanjem ne možemo da upravljamo uzgred. Za uspešno projektovanje potrebno je mnogo napora i efikasno planiranje vremena i resursa. Što je projekat kompleksniji to je i upravljanje složenije, pošto broj međusobnih veza uticajnih faktora ne raste linearno već eksponencijalno i to po formuli :

$$BV = 2^X - 1 + X! / 2! (X - 2)!$$

gde je,

BV - broj veza između faktora .
X - broj faktora koji se kombinuju.

S druge strane, svaki projekat je unikatni događaj, jer ga nije moguće ponoviti do u najmanji detalj. Razlog za to je, prvenstveno taj, što je projekat kreativni čin čiju kreativnu strukturu čine projektanti, sa svim konsekvencama koje iz toga proističu. Posledica toga je da svaki projekat sadrži veći rizik neuspeha od bilo kog drugog ponavljajućeg procesa koji srećemo u inženjerskoj praksi. W. Lynch /1/ u vezi sa

¹ Dr Miodrag Kovačević, vanredovni profesor Šumarskog fakulteta u penziji

² Dr Predrag Popović, Institut za nuklearne nauke VINČA

³ Ljubiša Kovačević, dipl. ing., Institut za nuklearne nauke VINČA

problemom procesa projektovanja navodi sledeće numeričke podatke koji bliže i jasnije prikazuju pomenute zaključke:

1. U velikoj većini projekata probijeni su planirani troškovi projektovanja.
2. Obustavlja se proces na započetim projektima čak u 30% analiziranih slučajeva.
3. Kod 75% projekata probijeni su rokovi predviđeni ugovorom.
4. Prosečni troškovi projektovanja nadmašuju planirane troškove za 89%.
5. Prosečno vreme projektovanja je preko dva puta duže (222%) od planiranog.

Iz ovih podataka, ali i iz iskustva svakodnevne prakse, jasno proističe zaključak o nedostacima standardnih metoda upravljanja projektima, a pre svega njegovom dinamičkom komponentom.

Problem u vezi procesa projektovanja nije ništa novo za projektantsku praksu, međutim on nije rešavan agilnije zbog nedovoljno jasnog definisanja značaja projektovanja u ukupnoj praksi menadžerskog delovanja. Situacija se potpuno izmenila od onog trenutka kad se bolje razumelo mesto i značaj razvoja novog proizvoda/usluge u poslovnom sistemu preduzeća. Ovaj proces postepenog sazrevanja sasvim se jasno vidi kroz razvoj metoda za dinamičko upravljanje projektima. Prvenstveno su prihvaćene metode, nekritički, iz proizvodne prakse. Tu se misli na metodu gantograma (H. L. Gant – 1861-1919). Metoda je vrlo brzo pokazala svoje nedostatke u procesu projektovanja:

- ne razdvaja projektantske zadatke po stepenu važnosti.
- struktura gantograma je vrlo rigidna.
- teško se ažurira, a korektivne mere su skoro nemoguće
- već kod projekata srednje kompleksnosti gantogrami su nepregledni.

U cilju otklanjanja uočenih nedostataka predložena je metoda mrežnog planiranja (1957 – 1958), koja je znatno unapredila praksu dinamičkog upravljanja projektima i projektovanjem. I pored znatnog napretka, metoda je iskazivala nedostatke od kojih su najvažniji:

- projekat se tretira kao izolovani zadatak preduzeća tj. pristup nije sistemski. Zato glavna pretpostavka pri dinamičkom programiranju projektovanja počiva na pretpostavci da su svi resursi uvek na raspolaganju i da nisu deljivi.
- procenjena vremena trajanja projektovanja po projektnim zadacima izvršena su na osnovu procene angažovanih projektanata, a na osnovu standardnog pitanja »koliko Vam treba vremena da završite zadatak X«. I pored toga što se u projektantskoj praksi već odavno iskristalisalo saznanje da sva procenjena vremena utvrđena na ovaj način imaju veliku marginu sigurnosti.
- pojam varijabilnosti i novi prodori matematičke statistike samo se površno uzimaju u obzir.

Obe navedene metode ne uzimaju u obzir čoveka-projektanta, sa njegovim specifičnostima. I drugo, površno uzimaju u obzir mogućnost da, načelno, sve operacije u toku procesa projektovanja mogu da postanu kritične. Svi ovi nedostaci dovode do konfliktnog korišćenja raspoloživih resursa, što intuitivno potvrđuje podatke W. Lyncha.

2. METODA KRITIČNOG NIZA

Ogromno narastanje konkurencije krajem dvadesetog veka jasno je stavilo do znanja da se stečena saznanja o problemima upravljanja projektima moraju razrešiti uvođenjem u praksu novih metoda. Iz takvog miljea je 1992. godine Eliyah M. Goldratt predložio metodu za rešavanje ovog problema pod nazivom metoda kritičnog niza (critical chain).

Ključne pretpostavke ove metode bi bile:

1. Prihvata se činjenica da svaki projekat koristi zajedničke resurse u okviru preduzeća. Zato su svi resursi ograničeni i zato su nosioci potencijalnog rizika za neuspešan projekat. Stoga su sve operacije predmet najsvesnije analize sa stanovišta raspoloživosti u planiranom periodu. Ako analiza kritičnosti pokaže da ne postoji problem deljivosti resursa onda se problem svodi na neku od standardnih metoda upravljanja projektom.
2. Prihvata se ikustvena činjenica da procenjeno vreme izvršenja zadatka sadrži veliku sigurnosnu marginu.
3. Insistira se da svi projektanti razumeju i prihvataju ciljeve i strukturu projekta na programiran i transparentan način.
4. Prihvata se redovno i na unapred definisan način praćenje razvoja projekta kroz vreme i po sva tri kriterijumima ograničenja: vreme, troškovi i kvalitet.
5. U centar pažnje analize razvoja projekta nisu više samo kritične aktivnosti, već analiza ukupne vremenske rezerve na nivou projekta. Dakle, naglasak je na sistemskom prilazu.

Razvijeno, ove temeljne postavke metode možemo da razdvojimo po sledećim koracima:

1. Struktura projekta je dobro prostudirana i detaljno odslikava potrebe kupca (investitora). Svi članovi tima učestvuju u ovom koraku na pasivan i aktivan način kroz definisanje svakog projektnog zadatka. Sprovodi se obuka za izvršenje pojedinih zadataka.
2. Svaki definisani projektni zadatak sadrži stepen rizičnosti izvršenja, kao i stepen raspoloživosti u određenom trenutku.
3. Svako procenjeno trajanje izvršenja projektnog zadatka analitički se razlaže na neto vreme izvršenja i ukupno vreme trajanja izvršenja (čekanje na dozvole, saglasnosti, potvrde, rezultate i sl.). Pri određivanju neto trajanja projektnog zadatka treba napustiti uobičajen sistem pitanja postavljenih projektantima » koliko Vam treba vremena da završite ovaj zadatak«, već »sa verovatnoćom od 50% koliko Vam treba vremena da završite ovaj zadatak«. Kroz obuku projektanti moraju biti uvereni da njihova procena vremena izvršenja zadatka neće biti predmet korekcije niti predmet kritika tj. ova procena neće se smatrati greškom pod bilo kojim okolnostima.
4. Odredite vremenski proračun trajanja završetka projekta na osnovu procene od 50% verovatnoće izvršenja.
5. Formirajte projektnu rezervu koristeći razliku između procene trajanja izvršenja projekta od 50% i Vaše procene od 90%.

6. Rasporedite resurse po projektnim zadacima i identifikujte one resurse koji su kritični i navedite razloge za to. Iz takvog rasporeda formiraćemo kritični niz, koji ima posebno mesto u našim analizama i nadzoru.
7. Oformite vremenske rezerve između operacija da biste izolovali kritični niz od nekritičnog niza radnih tokova. Rasporedite nekritične radne zadatke da počinju posle početka kritičnih operacija (postupak Gray-Kidd-ov-8), kako biste olakšali usredsređivanje na to da se projekat od samog početka lakše odvija.
8. Formirajte dinamičke izveštaje po sva tri glavna pokazatelja uspešnosti toka razvoja projekta.

- Vreme

$$Tr - Tir$$

$$a) Kvr = \frac{Tr - Tir}{Tr} \cdot 100 (\%)$$

$$Tr$$

Kvr- koeficijent efikasnost korišćenja planirane vremenske rezerve za ceo projekat.

Tr- planirana vremenska rezerva na nivou projekta (TJ)

Tir – ukupno iskorišćena vremenska rezerva na dan izveštavanja (TJ)

$$Tpet - Tiet$$

$$b) Kr = \frac{Tpet - Tiet}{Tpet} \cdot 100 (\%)$$

$$Tpet$$

Kr- koeficijent iskorišćenja efektivnog vremena (%).

Tpet- ukupno planirano efektivno vreme na nivou projekta (TJ).

Tiet- iskazano utrošeno efektivno vreme na dan izveštavanja. (TJ)

$$c) Kun = (1 - \text{ostvareni procenat realizacije projekta}) \times \text{ukupno planirana rezerva vremena na nivou projekta (TJ)}$$

Kun – stepen usaglašenosti iskorišćenja planirane rezerve vremena i ostvarenog razvoja projekta.

- Troškovi i vrednost projekta

$$a) Osv = Tp \times KP$$

Osv- ostvarena tekuća vrednost projekta

Tp – planirani troškovi projektovanja (din.)

KP- izvršenje projekta (%).

$$Vip$$

$$b) Kovp = \frac{Vip}{Tpt}$$

$$Tpt$$

Kovp- indeks osvarene vrednosti projekta

Vip- vrednost projekta na dan izveštavanja (din)

Tpt – tekući planirani troškovi na dan izveštavanja (din)

- Kvalitet
Svakako da je merenje kvaliteta projektovanog stanja daleko teži problem, ali o tome postoji obimna literatura koja predlaže mnogobrojne numeričke metode /4,5,6,7/.
9. Dodelite zadatke određenim projektantima , ali nikad ne pominjite tačne rokove, sem ako ste na to prinuđeni. Umesto toga insistirajte da zadaci budu obavljani najbrže moguće.
 10. Očekujte da će 50% zadataka trajati duže od predviđenog vremena, a 50% zadataka trajaće kraće (normalna rapodela !). Oni projektanti koji završe svoje zadatke ranije treba odmah da pređu na nove zadatke čime se vrši blag, kolegijalni, pritisak i na druge projektante.
 11. Koristite resursne rezerve kako biste obezbedili, stvorili, dovoljno prostora da se kritični resursi koriste uvek kad su na raspolaganju.
 12. Glavni predmet naše analize je ukupna vremenska rezerva PROJEKTA, što nam omogućava da pratimo promenu karaktera projektnih zadataka i blagovremeno delujemo na preventivan ili korektivan način. Korektivne akcije ćemo preduzeti ako iskorišćenost ukupne rezerve projekta prelazi napredak razvoja projekta za 33%. Bićemo prinuđeni da izvršimo nanovo planiranje preostalog dela projekta ako iskorišćenje ukupne vremenske rezerve prelazi 66% tekući vremenski napredak razvoja projekta.
 13. Stalno nadgledajte korišćenje vremenskih rezervi nekritičnih zadataka kako biste na vreme bili upozoreni na mogućnost da neka operacija pređe u kritični niz.

3. ZAKLJUČAK

Za postizanje očekivanih vrednosti preduzetim projektovanjem ne postoje deterministički prilazi. Svi prilazi su aleatornog tipa, jer se projektovanje novog proizvoda/ usluge zasniva na kombinovanju mnogobrojnih faktora, često visoke neizvesnosti. Čvrsto ograničenje broja ovih kombinovanja je vreme. Stoga dinamičko upravljanje vremenom projektovanja dolazi u prvi plan. Zadnjih godina u okviru ovakvog zaključka pojaljuje se metoda kritičnog niza.

Korišćenjem metode kritičnog niza pri dinamičkom upravljanju projektovanjem postizemo sledeća poboljšanja u odnosu na postojeće metode:

- Skraćujemo vreme projektovanja.
- Podižemo nivo razumevanja i sposobnosti projektanata da identifikuju glavne probleme koji utiču na produženje trajanja projektovanja, čime ih osposobljavamo da samostalno preduzimaju preventivne i korektivne akcije u okviru svog zadatka i svog najbližeg okruženja.
- Stalno smo u poziciji da kroz metričku analizu verifikujemo status projekta po tri najvažnija pokazatelja uspešnosti : kvalitet, troškovi i VREME.
- Spremni smo da u unajkraćem mogućem roku izvršimo potrebne intervencije i unapređenja u toku odvijanja realizacije projektnog procesa, a da pri tome ne narušimo motivisanost i tempo odvijanja projektovanja.

- Moguće tenzije u okviru projektanskog tima usled nerealan postavljanih vremena izvršenja radnih zadataka svodimo na minimum.
- Sprovođenje ove metode pokazalo je da projektni birovi podižu efikasnost uloženi sredstava, bolje odražavaju želje kupaca i postižu znatno ranje pojavljivanje proizvoda na tržištu.

LITERATURA

- /1/ W. Lynch: Benefits of Critical Chain Project Management, 1998g, <http://www.allaboutal.info/article/Critical-Chain>
- /2/ R.C. Newbold: www.prochain.com
- /3/ S. Houks et al.: Upravljanje projektima, Clio, Beograd, 2005.
- /4/ M. Kovačević, Lj. Kovačević, M. Kostić: Vrednovanje novoprojektovanih rešenja u komunalnim preduzećima, Menadžment totalnim kvalitetom, Nacionalni naučno-stručni časopis Vol.30, No 3-4, Beograd, 2002.
- /5/ M. Kovačević, Lj. Kovačević, Z. Pendić: Izbor optimalnog rešenja, Svetski dan kvaliteta i evropska nedelja kvaliteta 2001, Kvalitet No 9-10, Beograd, 2001.
- /6/ M. Čupić, V. M. Rao Tummala: Savremeno odlučivanje, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- /7/ M. Suknović, M. Čupić- Višekriterijumsko odlučivanje: formalni pristup, FON, Beograd, 2003.
- /8/ A. Radulović: Tehnika mrežnog planiranja, Privredna štampa, Beograd, 1981.
- /9/ A. Vila et al.: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1983

DYNAMIC PROJECT MANAGEMENT WITH THE CRITICAL CHAIN

Summary: *In project management, the critical chain is the sequence of both precedence resource – dependent terminal elements that prevents a project from being shorter time, given finite resources. If resources availability is not constrain project's critical chain is identical to its critical path.*

Key words: *critical chain, project management, dependent resource*

PROJEKT MENADŽMENT U NAŠOJ GRADITELJSKOJ PRAKSI

Kazimir Kurij¹

UDK:65.01.2:69.05

Rezime: U ovom radu pokušava se objasniti da projekt menadžment u graditeljstvu nije samo iskustvo, profesionalno osećanje i intuicija, nego savremena poslovna filozofija zasnovana na naučnim disciplinama i naučnotehnološkom progresu, koja pored osnovnih znanja iz struke zahteva i dosta novih specifična znanja karakterističnih za upravljanje i rukovođenje realizacijom projekta.

Ključne reči: Projekt menadžment, struka, ekonomija, pravo

Činjenice ukazuju da su, u našem visokom obrazovanju u graditeljstvu, već dugi niz godina veoma brižno negovane discipline projektovanja i konstrukterstva, gde su postignuti i vrhunski rezultati. Međutim visoko obrazovanje u oblasti realizacije izgradnje objekata nije ni približno toliko smatrano naučnom disciplinom i obično se to znanje sticalo u praksi.

Najčešće su vrhunski projektanti i konstruktivci, posle izvesnog vremena provedenog na gradilištu kao projektantski nadzor i slično, proglašavani za vrhunske izvođače, odnosno projekt menadžere, koji veoma uspešno planiraju, upravljaju i rukovode izgradnjom graditeljskih objekata.

Istina nije daleko, ali ipak moramo prihvatiti činjenicu da projekt menadžment u graditeljstvu (planiraje, upravljanje i rukovođenje realizacijom graditeljskih projekata) nije samo iskustvo, profesionalno osećanje i intuicija, nego savremena poslovna filozofija zasnovana na naučnim disciplinama, multidisciplinarnog i interdisciplinarnog karaktera. Zbog toga je neophodno da se i projekt menadžment u graditeljstvu uključi u moderne i napredne tokove nastavnih procesa, koji zahtevaju promene u strukturi i kvalitetu studija, planova i programa, i sadržaju i načinu izvođenja akademskih studijskih programa.

Sticanje kvalifikacije u oblasti "Poslovnog upravljanja", poznatog kao MBA (Master of Business Administration) program danas se prihvata kao jedna od najcenjenijih kvalifikacija u poslovnom svetu.

¹ Prof dr Kazimir Kurij dipl.ing. – Fakultet za graditeljski menadžment Beograd, Cara Dušana 62-64, tel: 011/2180-287, e-mail : dekan@fgm.edu.yu

Takvim oblikom vrhunskog obrazovanja u oblasti menadžmenta stižu saznanja i veštine koje inženjerima omogućavaju lakše ovladavanje poslovnim procesima i brže i bezbolnije prilagođavanje globalizacijskim procesima u svetu.

Pošto klasični MBA program tumači poslovno upravljanje, odnosno menadžment, kao nezavisnu i samostalnu disciplinu koja se može primeniti u svakom poslovanju, odnosno u svakoj proizvodnoj delatnosti, to u izvornom obliku nije potpuno primenljiv u graditeljstvu, zbog toga što se graditeljstvo bitno razlikuje od svih drugih proizvodnih delatnosti.

Dok su u drugim proizvodnim procesima činioci proizvodnje (ljudi i sredstva za proizvodnju) locirani uvek na istom radnom mestu, a njihovi proizvodi putuju od jednog do drugog mesta primene, u graditeljstvu je to obrnuto.

Graditeljski proizvod (graditeljski objekt) ne menja mesto po završetku "proizvodnog procesa", on ostaje tamo gde je nastao, dok se činioci proizvodnje sele na sledeći projekt, odnosno sledeću lokaciju - na novi "proizvod".

U toku realizacije graditeljskih proizvoda pojavljuju se i razne neizvesnosti, finansijski rizici, promene projektantskih zamisli i slično, što zahteva posebnu fleksibilnost i dinamičnost u pristupu upravljanju i realizaciji odluka na gradilištu. Na to poseban uticaj ima jedna od bitnih karakteristika graditeljskih projekata a to je neponovljivost toka realizacije projekta, sa aspekta lokacije, obima radova, atmosferskih prilika u toku građenja, specifične situacije na gradilištu i slično.

Pored toga, projekt menadžment u graditeljstvu ne razlikuje se od opštih principa menadžmenta samo po tome što se fokusira na poslovni poduhvat sa konačnim trajanjem i po ograničenim resursima za realizaciju tog poslovnog poduhvata, nego i po ograničenom vremenu angažovanja pojedinih resursa. Na primer radna snaga i mašine za zemljane radove pojavice se samo na početku izgradnje nekog objekta posle toga će napustiti taj projekat, da bi se u nekom drugom vremenu i prostoru, i na nekom novom objektu ponovo našle sa istim izvođačima radova.

Upravo zbog toga što klasične MBA studije ne uzimaju u obzir specifičnosti graditeljske struke, ukazala se potreba za formiranjem specijalnih akademskih studijskih programa za *Graditeljski menadžment ("MBA in Construction")*, multidisciplinarnog i interdisciplinarnog karaktera.

Takvi studijski programi u svetu već postoje, a kao rezultat višegodišnje analize i saradnje stručnjaka iz graditeljske prakse i sa različitih fakulteta, pojavili su se i u Republici Srbiji.

Studije graditeljskog menadžmenta fokusirane su na planiranje, upravljanje i rukovođenje izgradnjom graditeljskih objekata, korišćenjem najsavremenijih rezultata naučnotehnološkog progressa, s namerom da realizaciju graditeljskih projekata (izgradnju objekata) učini produktivnijim i konkurentnijim na međunarodnom tržištu.

Ove studije su specijalno namenjene graditeljima (inženjeri građevinarstva, arhitekture, mašinstva, elektrotehnike i srodnih tehničkih struka koje učestvuju u izgradnji objekata) sa ciljem da im se mogući, da pored fundamentalnih znanja iz matične struke, steknu i znanja iz drugih naučnih i stručnih oblasti, neophodnih za razumevanje i ovladavanje složenim procesima planiranja, upravljanja i rukovođenja izgradnjom objekata.

Diplomirani inženjeri sa ovih studija su se već pojavili na gradilištima u zemlji i inostranstvu, a karakteristično je da sve veći broj vlasnika privatnih graditeljskih firmi, svoju decu šalje baš na ove studije ili stipendiraju studente završnih godina ovih studija.

Po trenutnim studijskim programima studenti na ovim studijama studenti stiču sledeće lične i akademske kompetencije.

Lične kompetencije

Posle završenog školovanja studenti su potpuno osposobljeni da:

- kreativno primene stečena znanja i na najsloženijim projektima u okviru svoje struke;
- na najefektivniji način prezentuju visoki nivo profesionalnog znanja i ponašanja u graditeljstvu;
- planiraju, kontrolišu i izvode najsloženije stručne, razvojne i naučne projekte;
- analitički pristupaju svakom poslu, jasno tumače svoje ideje saradnicima na projektu i prihvataju odgovornost za vlastite odluke;
- upešno učestvuju u interdisciplinarnim i internacionalnim aktivnostima;
- prihvate i tumače permanentno usavršavanje u svojoj struci kao cilj opstanka u struci i razvoj struke, koristeći saznanja i iz drugih stručnih naučnih disciplina;
- samostalno odlučuju o učlanjenju u odgovarajuća inženjerska društva, saveze i komore, i aktivnim učestvovanjem u radu istih usavršavaju graditeljsku profesiju.

Akademske kompetencije:

Posle završenog školovanja studenti su potpuno osposobljeni za samostalno:

- Preuzimanje i analizu tenderske dokumentacije;
- Izbor tehnologije i organizacije građenja za određeni objekat i lokaciju;
- Definisane resursa za izgradnju objekta, u saglasnosti sa zvaničnim normativima i standardima u graditeljstvu;
- Izradu predmera i predračuna izgradnje objekata (investiciona vrednost objekta), korišćenjem najsavremenijih računarskih programa;
- Izradu dinamičkih planova građenja (gantogrami, ciklogrami, ortogonalni planovi i tehnika mrežnog planiranja) korišćenjem najsavremenijih računarskih programa (Primavera, Microsoft project);
- Aktualizaciju troškova izgradnje u skladu sa dinamičkim planom;
- Izradu dinamičkog plana finansijskih sredstava;
- Izradu histograma angažovanih resursa na izgradnji objekta;
- Nivelaciju resursa angažovanih na izgradnji objekta u skladu sa dinamičkim planom;

- Optimizaciju i svođenje dinamičkog plana izgradnje na "usiljeno trajanje" u zavisnosti od trenutnih zahteva okruženja;
- Izradu elaborata o uređenju gradilišta u skladu sa Pravilnikom osadržaju elaborata o uređenju gradilišta (SG RS br. 31/92);
- Organizaciju gradilišta u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu (SG RS br. 42-98) i Zakonom o zaštiti životne sredine (SG RS br 135/2004);
- Izradu organizacione strukture i organizacione šeme za izgradnju objekta;
- Definisane gradilišne dokumentacije za određeni objekat i gradilište;
- Izradu Studije opravdanosti izgradnje objekta;
- Izradu Ugovora o građenju i ugovorne dokumentacije;
- Izradu kompletne tenderske dokumentacije – ponude, u skladu sa Zakonom o javnim nabavkama (SG RS, br. 55/2004.)
- Praćenje i kontrolu realizacije graditeljskih projekata pomoću najsavremenijih računarskih programa.;
- Primopredaju objekta i izradu konačnog obračuna.
- Aktivno korišćenje engleskog jezika

ZAKLJUČAK

Činjenica da se još uvek, u praksi, planiranje upravljanje i rukovođenje realizacijom graditeljskih projekata tradicionalno vezuju samo za talenat, veštinu i dugogodišnje iskustvo pojedinaca, koji su stekli reputaciju eksperata za realizaciju graditeljskih projekata, nije ohrabrujuća, jer samo sećanje na neke slične, skoro ili davno, dobro realizovane projekte, pa makar to bilo i od strane eksperta, i nisu uvek dobra viza za budućnost.

Krajnje je vreme da se u našem visokom obrazovanju, graditeljskoj praksi i odgovarajućoj zakonskoj regulativi, Projekt menadžment u graditeljstvu prihvati kao naučno deterministički proces i savremena poslovna filozofija koja omogućava lakše ovladavanje poslovnim procesima i da realizacija graditeljskih projekata bude produktivnija i konkurentnija na međunarodnom tržištu.

PROJECT MANAGEMENT IN CONSTRUCTION PRACTICE

***Summary:** This work will explain that project management in construction is not only an experience, professional sense and intuition, but it is also a contemporary philosophy based on science and technological progress requiring necessary knowledge as well as some specific knowledge characteristic for directing and monitoring the project.*

***Key words:** Project management, profession, economics, law.*

ORGANIZACIONI OBLICI U PROJEKTNOM PROCESU

Dr Erika Malešević¹

UDK:65.012.3

Rezime: *Uspešnost projekta značajno zavisi od organizacione strukture tokom projektnog procesa. Kroz različite organizacione strukture se uspostavlja i različita koordinacija između nadležnosti, funkcija i izvršenja radnih zadataka u procesu realizacije projekta. Rad se bavi prikazom komparativne analize primenjenih organizacionih oblika u toku projektnog procesa i njihovim uticajem na uspešnost projekta.*

Ključne reči : *Organizacija, projektni proces, uspešnost projekta*

1. UVOD

Onovni zadatak svake organizacione strukture je obezbeđivanje koordinacije kontinuiteta procesa rada. Organizaciona struktura bazirana na podeli rada predstavlja uzajamnu povezanost nosioca radnih zadataka, nadležnosti, funkcija, ovlašćenja i odgovornosti. Koordinacija treba da obezbedi pre svega efikasno korišćenje resursa i postizanje pozitivnih rezultata.

U procesu realizacije projekata različita organizaciona struktura rezultira različitim efektima. Svaka organizaciona struktura treba da bude u funkciji ostvarivanja projektnih ciljeva uz takvo korišćenje resursa koje će dati optimalne rezultate. Nedovoljna kompatibilnost organizacione strukture sa ciljevima ostvarivanja projekta najčešće dovodi do prekoračenja vremena i troškova.

Učesnici realizacije projekta organizovani u projektnim timovima imaju osnovni zadatak da svako u svojoj kompetenciji izvrši njemu dodeljeni projektni zadatak, što će doprineti ukupnom uspehu projekta.

Osnovno pitanje koje se postavlja je na koji način organizovati projektne timove, kako ih uklopiti u globalnu organizaciju poslovnog sistema, a da njihovo pojedinačno i timsko učešće bude u funkciji ostvarivanja projektnog zadatka. Odgovori na ova pitanja se mogu tražiti u različitim modalitetima projektnih organizacija koje sa svojim prednostima i nedostacima različito doprinose uspešnoj realizaciji projekta.

¹ Dr Erika Malešević, red. prof., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300
e-mail: maer@gf.su.ac.yu

2. PRIMENJENE ORGANIZACIONE STRUKTURE U PROJEKTNOM PROCESU

U stručnoj literaturi i u praktičnoj primeni (Lock 1968, Gido i Clements 1999, Mantel 2001), postoji gotovo jedinstveni stav da organizacioni oblici mogu biti:

- projekta organizacija bazirana na linearno- funkcionalnoj strukturi,
- projektna organizacija projektno orijentisana i
- projektna organizacija bazirana na matričnoj strukturi

Sve tri organizacione strukture mogu se primeniti u okviru organizacionih formi gotovo svih poslovnih sistema, odnosno njihovih divizija, jer se projektna organizacija uvek odnosi na jedan jedinstveni projekat.

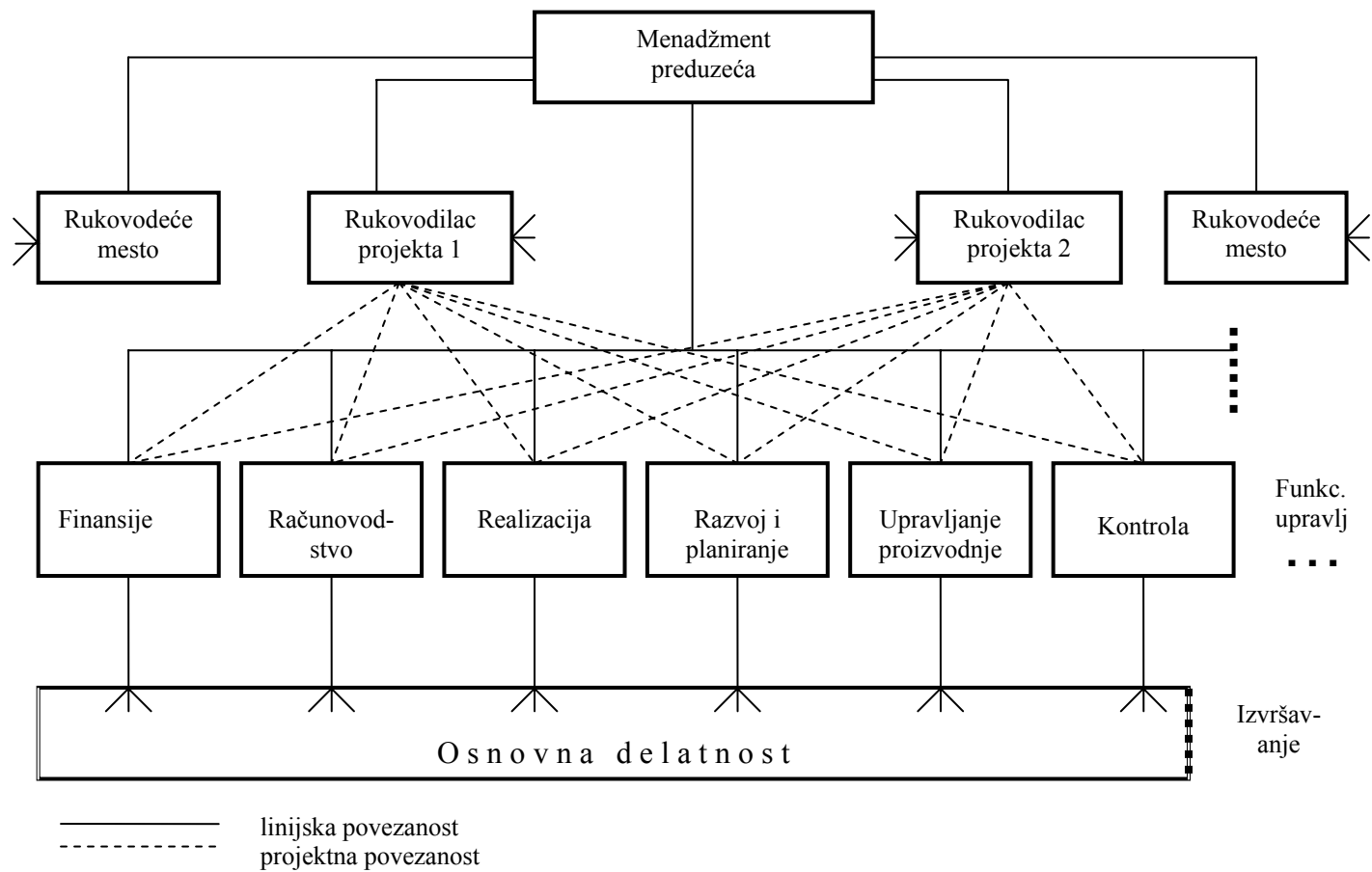
2.1. PROJEKTNA ORGANIZACIJA BAZIRANA NA LINEARNO-FUNKCIONALNOJ STRUKTURI

U projektnoj organizaciji baziranoj na linearno-funkcionalnoj strukturi radni zadaci se izvršavaju na relaciji matrice zadatak-odgovornost prema stručnim kompetencijama.

Rukovodilac projekta ne raspolaže formalnim kompetencijama rukovođenja projekta nad učesnicima projekta. Karakteristike ove organizacije se ispoljavaju u tome da se projekti odnose na više funkcionalnih jedinica, kako je prikazan na slici 1, kao mogućem sistemu uspostavljenih veza i odnosa. Rukovodioci projekta imaju formalnu nadležnost nad projektnim timom, budući da se on sastavlja od zaposlenih u pojedinim funkcionalnim jedinicama, a relevantne odluke se donose na novou menadžmenta preduzeća. Između menadžmenta preduzeća i rukovodioca projekta uspostavlja se linijska povezanost, dok između rukovodioca projekta i funkcionalnih jedinica uspostavlja projekta povezanost.

Na osnovu najznačajnijih karakteristika mogu se navesti prednosti i nedostaci ove organizacije. Kao prednosti mogu se navesti:

- članovi projektnog tima paralelno vrše svoje radne zadatke u određenim funkcionalnim jedinicama i pored projektnih zadataka obavljaju i druge stručne poslove, na taj način se radno vreme efikasnije koristi,
- relativna stalnost organizacione strukture omogućuje sticanje stručnih iskustava koje se može koristiti u budućnosti,
- dolazi do koncentracije stručnih znanja, što koristi u realizaciji projekta.



Slika 1. Sistem povezanosti projektne organizacije bazirano na linearno funkcionalnoj strukturi

Međutim , istovremeno ova organizacija ispoljava i sledeće nedostatke:

- pošto se stručna znanja iz funkcionalnih jedinica integrišu u projektni zadatak, može da dođe do postiskivanja osnovnih projektnih ciljeva u drugi plan,
- iz istih razloga, cirkulacija stručnih informacija postaje posredna,što usporava dinamiku ostvarivanja projekta,
- donošenje odluka na nivou funkcionalnih jedinica zahteva ponekad duži vremenski period, stoga može da dovede do prekoračenja vremena i troškova realizacije projekta i
- rukovodioci pojedinih funkcionalnih jedinica mogu potisnuti realizaciju projektnog zadatka zbog izvršavanja svakodnevnih operativnih zadataka.

Sumirajući ulogu ove organizacije može se konstatovati da rukovodilac projekta ima zadataka da analizira i prikuplja stručne informacije za pripremu poslovnih odluka,odnosno predstavlja koordinatora funkcionalnih resursa.

2.2. PROJEKNA ORGANIZACIJA PROJEKTNO ORIJENTISANA

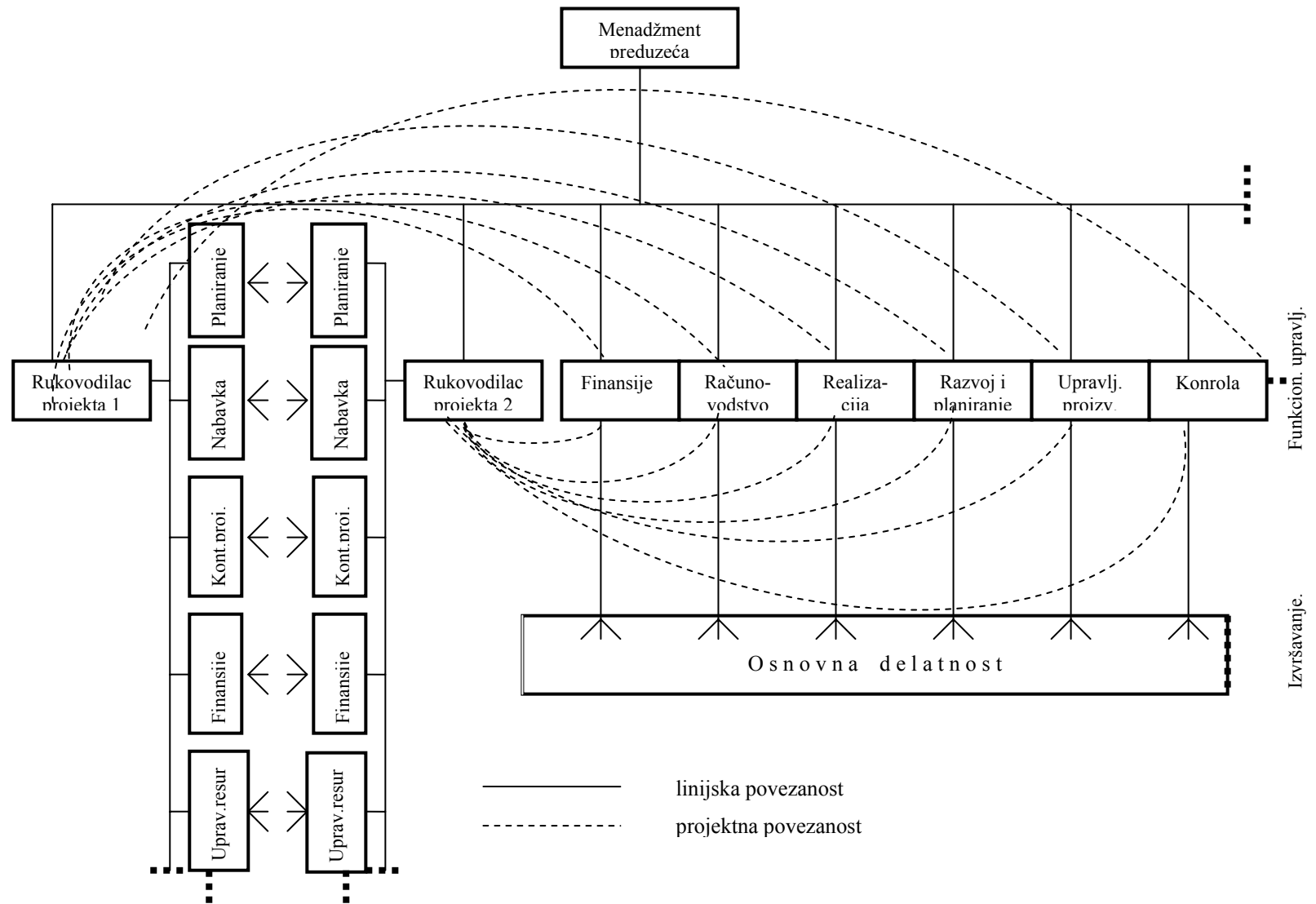
Projektna organizacija orijentisana na projekte u mnogim elementima je suprotna predhodnoj organizaciji.

Ova organizacija predstavlja samostalnu organizacionu strukturu koja integriše sve resurse,vreme i kadrove na osnovu zadatak- odgovornost matrice.

Rukovodilac projekta ima nadležnost nad onim članovima tima koji se izdvajaju iz funkcionalnih jedinica i postaju stručna struktura projektnog tima.Time je nadležnost rukovodioca projekta u skladu sa odgovornošću tokom realizacije projekta. Sistem povezanosti ove organizacije prikazuje slika 2.

Na slici se može videti da rukovodilac projekta nije samo koordinator (kao kod predhodne organizacije) već ima mogućnost izdavanja naloga i mogućnost kontrole. I ovaj vid organizacije ima određene prednosti i nedostatke.Kao prednosti mogu se navesti:

- ovakva projektna organizacija može da funkcioniše i kao troškovni i kao profitni centar.Kao troškovni centar može da funkcioniše u slučaju internih projekata,a kao profitni centar u slučaju eksternih projekata,
- naglasak se stavlja na usklađivanje resursa i uspeha projekta, odnosno efekata,
- cirkulacija informacija je neposredan između članova tima,što doprinosi uspešnijoj realizaciji projekta.



Slika 2. Sistem povezanosti projektne organizacije orijentisanih na projekat

Nedostaci se ispoljavaju u tome :

- što realizacija ciljeva projekta može da potisne ciljeve celine preduzeća,
- zbog promenljivosti projekta mogu nastati teškoće u formiranju projektnog tima,
- sa završetkom projekta projektni tim se rasformira, što znači da kumulirana znanja i iskustva se ne koriste u budućnosti i
- nije svaki član projektnog tima u potpunosti angažovan, što može povećati troškove a smanjiti efikasnost.

U odnosu na predhodnu organizaciju projektno orijentisana organizacija omogućuje veći stepen integrisanosti svih faktora, kako članova projektnog tima tako i svih resursa što znatno doprinosi efikasnijoj realizaciji projekta.

2.3. PROJEKTNJA ORGANIZACIJA BAZIRANA NA MATRIČNOJ STRUKTURI

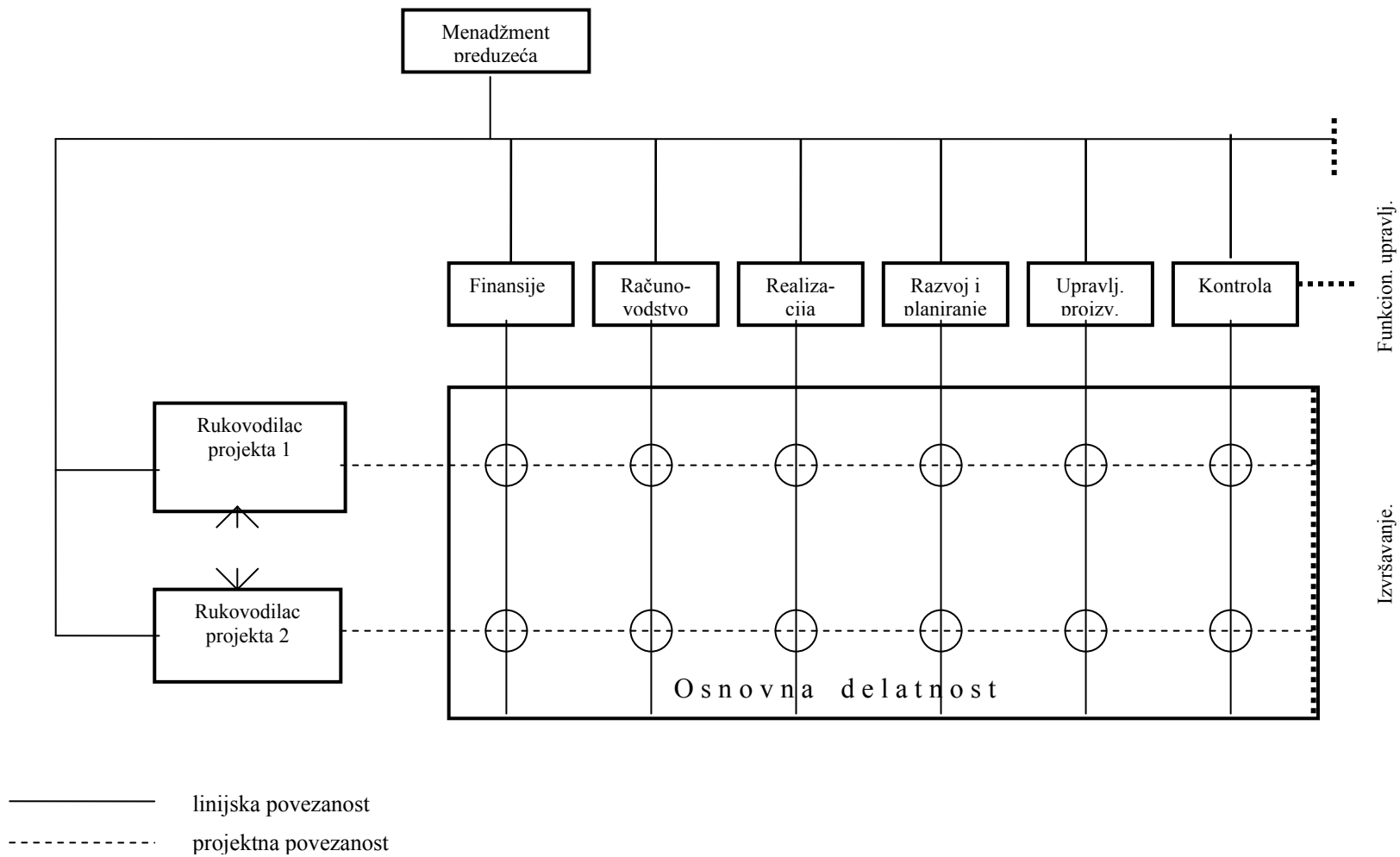
Projektna organizacija bazirana na matričnoj strukturi predstavlja određenu kombinaciju predhodne dve organizacije. U ovom organizacionom obliku projektne zadatke izvršavaju stručna lica iz funkcionalnih jedinica (slično linearnoj funkcionalnoj strukturi), međutim i rukovodioci projekta i rukovodioci funkcionalnih jedinica imaju odgovarajuću odvojenu nadležnost.

Na osnovu principa raspodele nadležnosti i rukovodioci projekta i rukovodioci funkcionalnih jedinica imaju isti nivo nadležnosti. Zbog toga, ključno područje ove organizacije je odgovarajuća raspodela nadležnosti i odgovornosti između rukovodećih struktura. Navedenu matričnu strukturu ilustruje slika 3.

Opšti je prihvaćeni princip da se odgovornost rukovodioca projekta odnosi na postizanje uspeha projekta, dok se odgovornost rukovodioca funkcionalnih jedinica odnosi na obezbeđivanje potrebnih resursa za realizaciju projekta. Na osnovu toga nadležnost rukovodioca projekta je donošenje odluke u vezi “šta i ko?”, dok je nadležnost rukovodioca funkcionalne jedinice donošenje odluke “kako i ko?”

Uputno je međutim, da u vezi budžeta i troškova projekta nadležnost i odgovornost bude zajednička. To motiviše oba rukovodioca na zajednička kompromisna rešenja, odnosno na integrisanost interesa koji se ostvaruje projektom. U praktičnoj primeni nema uvek ravnoteže u ciljevima i interesima projektne i funkcionalne sfere. Odstupanja nastaju najčešće u dva slučaja. Prvi je, kada se projektni tim formira od stručnjaka iz funkcionalnih jedinica, koji su u celosti angažovani u projektom timu, te je nadležnost rukovodioca slaba i odnosi se samo na “kako?”. Drugi slučaj je kada funkcionalne jedinice povremeno obezbeđuju kadrove za projektni tim i tada se nadležnost rukovodioca projekta svodi na “šta?”

U prvom slučaju radi se o projektnoj matrici ili jakoj matričnoj organizaciji, a u drugom slučaju o slaboj ili funkcionalnoj matrici.



Slika 3. Sistem povezanosti projektne organizacije baziran na matričnoj strukturi

Pošto je ova organizacija kombinacija prednodnih, prednosti i nedostaci proizilaze iz njihovih karakteristika.

Prednosti se odnose na:

- ove organizacione strukture podjednako mogu funkcionisati i kao troškovni i kao profitni centri,
- dolazi do koncentracije stručnog znanja, racionalnog korišćenja resursa i stručnog povezivanja,
- stečena znanja i iskustva se mogu preneti i u druge projekte,
- cirkulacija informacija je neposrednija, što omogućuje da se vreme i troškovi ne prekorače.

Potencijalne prednosti mogu biti ugrožene upravo zbog matrične strukture. Naime, ako se između rukovodioca projekta i rukovodioca funkcionalne jedinice ne postigne kompromis, donošenje odluke se premešta na višu instancu, što može dovesti do prekoračenja vremena i troškova. Takođe, teškoće mogu nastati na području formiranja projektnog tima, Neki članovi funkcionalnih jedinica mogu da učestvuju u više projektna tima i imati raznorodne projektne zadatke, što može da dovede do smanjenja efikasnosti u izvršavanju projektnih zadataka. Problemi se mogu pojaviti i na području motivacije, što takođe ima uticaj na efikasnost rada u projektnom timu.

Međutim ukoliko se ovi nedostaci minimiziraju, ovaj vid organizacije može se pokazati efikasnijom od predhodnih za uspešnost projekta.

3. ZAKLJUČAK

Prikazane organizacije ukazuju na mogućnost njihove različite primene. Navedene prednosti i nedostaci pojedinih organizacija upućuju na zaključak da ono različito utiču na efikasnost realizacije projekta. Iz tih razloga je veoma značajno izbor odgovarajuće organizacije.

Suštinsko pitanje je odabrati takvu organizacionu strukturu koja će u najvećoj meri obezbediti koordinaciju između učesnika u projektu, time ostvariti uspeh projekta.

Osnovni princip na bazi koje se ocenjuje nivo koordinacije je primerenost koordinacije specifičnostima određenog projekta i specifičnostima preduzeća. Zajednička ocena ovih principa pruža uslove za formiranje takve organizacione povezanosti koja je u funkciji efikasne realizacije projekta.

Literatura

- [1.] Gido, J.- Clements, J. P. Successful Project Management, International Thomson Publishing, Cincinnati/ Ohio, 1999.
- [2.] Görög, M. A Projektvezetés mestersége, Aula, Budapest, 2003
- [3.] Mantel, S.J. Jr. et. al., Projekt Management in Practice, John Wiley & Sons, New York, 2001.

ORGANIZATIONAL FORMS IN PROJECT'S PROCESS

Summary: *The success of the project depends a great deal on organizational structure used during the project's process. Through different organizational structures, a different co-ordinations among competence, functions and work tasks realization is established in the process of project realization. This paper displays comparative analyses of applied organizational forms in the project process realization and their influence on the success of the project.*

Key words: *Organization, project process, success of the project*

MODEL ZA OCENU POSLOVANJA GRAĐEVINSKE FIRME

Dejan M. Marinković¹

UDK:65.012:681.5.015

Rezime: U ovom radu prikazan je model za ocenu poslovanja građevinske firme zasnovan na ključnim parametrima, koji su identifikovani na različitim organizacionim nivoima firme. Sagledavanje stanja u kojem se firma nalazi sa merenjem konkretnih performansi, omogućava da se blagovremeno preduzmu konkretne korektivne mere, koje će uticati na minimizaciju troškova i prevođenje tih ušteta u viši profit ili u niže cene. Model je koncipiran tako da omogućava i izradu planova poslovanja firme, sa razradom varijantnih rešenja i izborom optimalne strategije.

Ključne reči: Model, ocena, poslovanje, ključni parametri, profit

1. UVOD

Merenje performansi na bazi kojih se vrši ocena poslovanja je sredstvo kojim firme u ostalim industrijskim granama otkrivaju nepotrebne troškove u korišćenju radne snage i materijala. Zajedno sa drugim firmama sa kojima učestvuju u lancu proizvodnje, oni ta saznanja koriste za minimizaciju troškova i prevođenje tih ušteta u viši profit ili niže cene što ih čini konkurentnijim. Međutim građevinska industrija kod nas, a i u svetu nije u dovoljnoj meri koristila iste ili slične tehnike radi smanjivanja troškova pri projektovanju i izgradnji, odnosno za postizanje većih profita i nižih cena. Tome u prilog ide i jedno istraživanje iz 1994. godine u V. Britaniji [1] koje je pokazalo da nepotrebni troškovi uzrokovani neefikasnim korišćenjem radne snage i materijala može biti čak do 30% od ukupne cene projekta. Iz navedenih razloga u građevinskim firmama treba uspostaviti efikasan i pouzdan sistem za ocenu poslovanja.

Uspešno poslovanje podrazumeva uspostavljanje i sprovođenje niza procedura tokom svih faza realizacije projekta. Sa druge strane veoma je važno da model za ocenu poslovanja ima dovoljnu brzinu i da bude relativno jednostavan u primeni. U ovom radu prikazan je koncept modela za ocenu poslovanja građevinskih firmi koji je zasnovan na ključnim parametrima.

¹ Mr. Dejan M. Marinković, dipl inž građ., Građevinski fakultet Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra 73, tel: 011-3218-595, e-mail: dejan@grf.bg.ac.yu

2. ANALIZA POSLOVANJA

Građevinska proizvodnja je veoma specifična i unikatna, sa velikim brojem parametara koji utiču na uspešnost poslovanja, te s toga i zahteva poseban pristup. Analiza poslovanja građevinske firme vrši se periodično i u skladu sa situacijom na konkretnim projektima i u firmi. Cilj analize poslovanja je da se utvrde:

- visina profita
- struktura profita
- rezultati poslovanja po pojedinim projektima, odnosno organizacionim nivoima
- rezultati poslovanja po vrsti delatnosti: osnovna delatnost, dopunske delatnosti i inženjering
- uzroci odstupanja, mesta nastajanja uzroka i odgovorna lica,
- uticaj trenutnog stanja na dalji tok građevinske proizvodnje i poslovanje firme,
- izbor optimalne strategije poslovanja u narednom periodu itd.

Praksa pokazuje da je neophodno ukazati na razliku između ocene poslovanja na nivou pojedinih projekata i na nivou firme. Dobro poslovanje na pojedinačnim projektima ne znači da firma u celosti uspešno posluje. Analizom poslovanja na nivou firme obuhvaćeni su svi zastoji u građevinskoj proizvodnji, neuposlenost kapaciteta, nesinhronizovan rad pogona, loša organizacija transporta, svi indirektni troškovi i niz drugih parametara čiji se efekti jasno uočavaju tek na nivou firme.

Utvrđivanjem rezultata poslovanja po delatnostima firme dobija se informacija o perspektivnim delatnostima koje rukovodstvo firme treba da “neguje” u narednom periodu. Orjenacijom modela na ključne parametre omogućeno je efikasno otkrivanje uzroka odstupanja. Izradom dovoljno čestih ocena poslovanja izbegava se nagomilavanje odstupanja i progresivno uvećanje efekata lošeg poslovanja. Razradom varijantnih rešenja sa sagledavanjem krajnjih efekata na poslovanje firme stvaraju se uslovi za izbor optimalne strategije poslovanja u narednom periodu. Na taj način rukovodstvo firme, u svakom momentu, ima potpun uvid u stvarno stanje radova na gradilištu i stvarno stanje poslovanja na nivou firme, kao i realnu viziju daljeg poslovanja firme.

3. PROFIT

Osnovno merilo uspešnosti poslovanja svake firme je visina ostvarenog profita. Na visinu profita bitno utiču:

- kvalitet i sadržaj ugovorne dokumentacije,
- ugovorena cena radova,
- direktni troškovi,
- indirektni troškovi,
- odnos proizvodne i neproizvodne radne snage,
- uposlenost kapaciteta firme,
- koeficijent korišćenja radnog vremena,
- produktivnost itd.

Kroz analizu poslovanja firme neophodno je definisati minimalnu planiranu realizaciju sa kojom firma može da opstane, odnosno posluje sa donjim pragom profita. U slučaju da firma ne obezbedi dovoljnu količinu posla neophodno je intervenisati u pogledu proizvodnih kapaciteta (smanjenje broja proizvodnih radnika i adekvatnog broja radnika u režiji i dr.) ili pokušati da se profit nadoknadi kroz druge vidove poslovanja.

4. PLANIRANJE POSLOVANJA

Planiranje poslovanja na nivou firme, vrši se najčešće na godišnjem nivou sa razradom svih eventualno mogućih "scenarija", u zavisnosti od unutrašnjih karakteristika firme i uslova okruženja. Na taj način svim učesnicima u poslu na strani izvođača radova, unapred se predočavaju okviri u kojima firma može poslovati i šta ih realno očekuje u slučaju da planovi ne budu ispunjeni. Tako se unapred definišu "pravila igre" što dodatno utiče na motivaciju učesnika u poslu. Periodično tokom godine rade se preseći stanja, odgovarajuće analize i na bazi već razrađenih varijanti donose optimalne strateške odluke. U slučaju većih odstupanja pristupa se ponovnoj proceni, odnosno planiranju poslovanja u novim uslovima.

Izrada plana poslovanja firme obuhvata sledeće korake:

- sagledavanje sopstvenih mogućnosti firme,
- utvrđivanje visine i načina sticanja prihoda,
- sagledavanje uslova okruženja i ocena njihovog uticaja na poslovanje firme,
- izbor modela za procenu poslovanja,
- plan poslovanja sa razradom varijantnih rešenja i procenom efekata njihove primene,
- skup mera za ostvarivanje donetih planova i
- izbor metodologije kontrole poslovanja.

Početni korak u planiranju poslovanja je sagledavanje sopstvenih mogućnosti firme što naročito podrazumeva:

- utvrđivanje broja i strukture zaposlenih,
- utvrđivanje stanja mehanizacije i realnih mogućnosti u narednom periodu,
- utvrđivanje udela kooperantskih radova na sličnim objektima u zadnjih nekoliko godina i procena udela kooperantskih radova u narednom periodu,
- utvrđivanje mogućeg fonda radnih sati na godišnjem nivou,
- utvrđivanje prosečne cene rada za proizvodne radnike, radnike u režiji, radnike na odmoru, na bolovanju i na prinudnom odmoru,
- sagledavanje realnih granica u kojima se može kretati produktivnost radne snage itd.

Sagledavanje uslova okruženja i ocena njihovog uticaja na poslovanje firme se bazira na konstantnom istraživanju tržišta i selekciji i obradi tako prikupljenih informacija. Veoma je važno sagledati rizike koji nisu u direktnoj vezi sa građevinskom proizvodnjom ali koji mogu drastično uticati na njen tok, odnosno ukupno poslovanje firme.

5. MODEL ZA OCENU POSLOVANJA GRAĐEVINSKE FIRME

Model je zasnovan na ključnim parametrima koji su u skladu sa specifičnostima građevinske proizvodnje identifikovani na različitim organizacionim nivoima firme. Na osnovu delatnosti firme, ugovorenih i izvršenih radova, učešća kooperanata i drugih ulaznih podataka, definiše se struktura ukupnog prihoda (u daljem tekstu ukupni prihod). Ukupni profit se sastoji od profita ostvarenog radom proizvodnih radnika i profita od inženjeringa (dobit na materijale i kooperantski radovi).

Analizom troškova i selektivnim odbijanjem njihove vrednosti od ukupnog prihoda, dobija se deo prihoda koji sadrži plate radnika (uključujući i radnike u režiji i radnike na bolovanju, odmoru i prinudnom odmoru) i ukupni profit (proizvodni rad i inženjering). Taj deo ukupnog prihoda, odnosno ukupni profit uvećan za sve plate radnika, u analizi se svodi na veličinu interno nazvanu „komparabilni prihod“ koji predstavlja navedeni deo prihoda po času rada proizvodne radne snage na radu (odnosno po času efektivnog rada).

Na osnovu broja ostvarenih radnih sati, odnosno njihove strukture i bruto satnica radne snage dobija se veličina iznosa potrebnog za plate, koji se u analizi svodi na veličinu interno nazvanu „ekvivalentna satnica“. Ekvivalentna satnica predstavlja bruto satnicu proizvodne radne snage na radu, uvećanu procentualno za sve satnice koje treba da se isplate iz rada tog proizvodnog radnika, a to su: proizvodni radnici na bolovanju, odmoru i na prinudnom odmoru, radnici u režiji koji rade, nalaze se na bolovanju, odmoru ili na prinudnom odmoru. Dakle ekvivalentna satnica sadrži u sebi sva plaćanja prema svim radnicima pa bilo da oni rade ili ne ili su u pitanju radnici u režiji.

Upoređivanjem ekvivalentne satnice i komparabilnog prihoda mogu se dobiti sledeći slučajevi:

- komparabilni prihod > ekvivalentna satnica - firma posluje sa profitom,
- komparabilni prihod = ekvivalentna satnica - firma posluje bez profita ,
- komparabilni prihod < ekvivalentna satnica - firma posluje sa gubitkom.

Kao ključni parametri za procenu poslovanja na nivou firme usvojeni su: komparabilni prihod, ekvivalentna satnica, njihova razlika, faktor dobiti i profit.

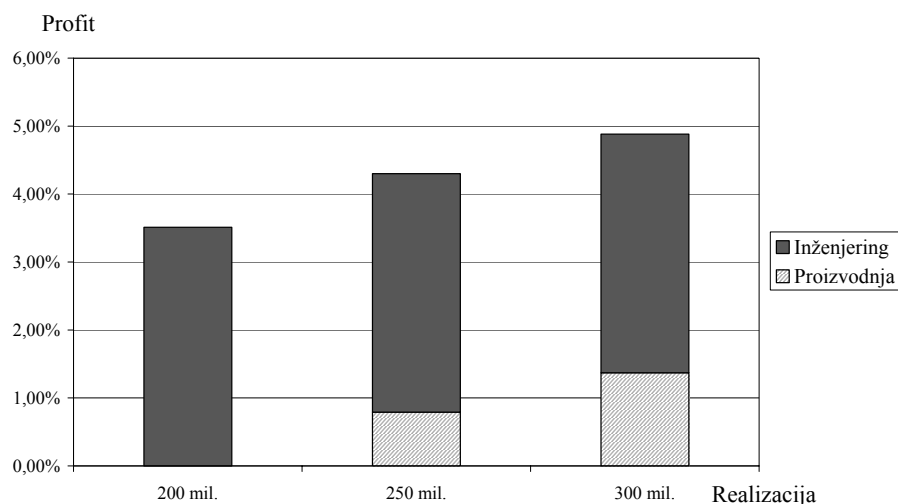
Faktor dobiti predstavlja odnos razlike komparabilnog prihoda i ekvivalentne satnice sa ekvivalentnom satnicom. U stvari faktor dobiti predstavlja odnos ostvarenog profita firme i plaćanja prema svim radnicima firme.

Komparabilni prihod pored prodajne cene usluga i koeficijenta uposlenosti firme direktno zavisi i od ostvarenog koeficijenta korišćenja radnog vremena i ostvarene produktivnosti. Produktivnost i koeficijent korišćenja radnog vremena daju elemente za ocenu poslovanja na jednom projektu. Na nivou firme, pored njih, neophodno je uzeti u obzir i koeficijent uposlenosti firme kojim se praktično vrši njihova redukcija.

U modelu su sve veličine koje se porede svedene po času rada proizvodnog radnika što omogućava lakšu merljivost izabranih parametara i izradu brzih „preseka stanja“. To povećava „brzinu odziva sistema“ i veću upotrebnu vrednost modela.

Ista metodologija se može primeniti za planiranje poslovanja s tim da se razrađuju varijantna rešenja u zavisnosti od očekivane realizacije, broja radnika u proizvodnji i režiji, koeficijenta uposlenosti firme, produktivnosti, koeficijenta korišćenja radnog vremena, veličine direktnih i indirektnih troškova itd.

Na slici 1 kao ilustracija primene modela za planiranje poslovanja data je struktura očekivanog profita, u zavisnosti od planirane realizacije, očekivanog udela kooperantskih radova, usvojenog koeficijenta korišćenja radnog vremena i usvojenog broja režijskog osoblja. Navedeni plan pokazuje da veće učešće u profitu obezbeđuje inženjering (dobit od materijala i kooperanata) i da je neophodno poboljšati performanse proizvodnje i smanjiti broj režijskog osoblja.



Slika 1. Struktura profita u zavisnosti od realizacije

6. ZAKLJUČAK

Prikazani model ocene poslovanja može se primeniti na nivou firme ali i na nivou pojedinačnih projekata. Prava slika o stanju firme stiže se tek po sagledavanju poslovanja na nivou firme u toku određenog vremenskog intervala. Prikazani model objedinjuje niz parametara i daje im dinamičku komponentu. Izabrani parametri su lako merljivi što povećava upotrebnu vrednost modela i daje mu neophodnu brzinu i prilagodljivost. Model omogućava usvajanje optimalnog broja radnika u zavisnosti od nivoa uposlenosti firme, pravilan izbor odnosa broja proizvodnih i neproizvodnih

radnika za različite slučajeve poslovanja, uticaj inženjeringa na poslovanje firme, određivanje strategije poslovanja u narednom periodu itd.

Sagledavanje stanja u kojem se firma nalazi sa merenjem konkretnih performansi, omogućava da se blagovremeno preduzmu konkretne korektivne mere, koje će uticati na minimizaciju troškova i prevođenje tih ušteda u viši profit ili u niže cene. Model je koncipiran tako da omogućava i izradu planova poslovanja firme, sa razradom varijantnih rešenja i izborom optimalne strategije.

LITERATURA

[1] Cain, T.: Performance Measurement for Construction Profitability, Blackwell Publishing, UK, 2004.

[2] Ivković, B., Popović, Ž.: Upravljanje projektima u građevinarstvu, Jugoimport-SDPR i IP „Nauka”, Beograd, 1994.

MODEL FOR CONSTRUCTION COMPANY PERFORMANCE EVALUATION

***Summary:** In this paper author presents model for construction company performance evaluation based on key parameters identified on different organizational levels in company. Company evaluation by measuring existing performances allows management to implement corrective steps for minimizing costs and therefore use saving for profit enlargement or price reduction. Management can use model also for company planning including preparation alternative plans and selection of best strategy.*

***Key words:** Model, evaluation, business, key parameters, profit*

PANELES ÉPÜLETEK FELÚJÍTÁSA MAGYARORSZÁGON

Medgyessy Katalin¹

UDK:624.012.3(439)

Rövid tartalom: az építőipari előregyártás a volt szocialista országokban általánossá vált, az elemek, majd a panelek gyártására üzemeket, házgyárakat építettek, ahol természetes volt az egész évben való folyamatos munkavégzés lehetősége. Mindezek eredményeként a mintegy 800 ezer előre gyártott lakás épült fel Magyarországon. Az energiaárak emelkedése és a piacgazdasági szellem elterjedése erősen megemelte a lakások és különösen a panellakások fenntartási költségét. Fel kell újítani a paneles lakóépületeket. Az előzőekben körülírt problémakört jelenleg Magyarországon csak komoly állami, esetleg EU-s hozzájárulással lehet orvosolni.

Kulcsszavak: előregyártás, paneles lakóépületek, felújítást

1. BEVEZETŐ

A II. világháború után köztudottan igen sok lakóépület elpusztult. Különösen Németországban kellett nagy mennyiségű romot eltakarítani, illetve egyes városokban a lakások 90 %-át újraépíteni. A két feladat összekapcsolására ott a téglatörmelék felhasználásával nagy előre gyártott elemeket, paneleket készítettek és ezek alkalmazásával építettek új lakóépületeket.

Annak, hogy az építőipari előregyártás a volt szocialista országokban általánossá vált, politikai háttere is volt. A háborút megelőző időszakban ellentétben, az építőiparban dolgozó „munkásosztály” tagjainak kívántak teljes évi foglalkoztatottságot biztosítani az előre gyártás széles körű elterjesztésével, az építési lehetőségek teljes téliesítésével. Az előre gyártott elemek, majd a panelek gyártására üzemeket, házgyárakat építettek, ahol természetes volt az egész évben való folyamatos munkavégzés lehetősége. Majd a panelek szerelése, beépítése is függetleníthető volt a téli időjárástól. (A teherhordó szerkezet elkészülte után a szakipari munkák hideg időszakban való végzésének lehetősége már megoldott probléma volt a hagyományos szerkezetű épületek esetében is.)

¹ Dr. Medgyessy Katalin, Szent István University Ybl Miklós Technical Faculty, Budapest, Thököly 74. e-mail: Medgyessy.Katalin@ymmfk.szie.hu

2. AZ ELŐREGYÁRTOTT ÉPÜLETEK BEVEZETÉSE MAGYARORSZÁGON

Magyarországon az 1960-as évek közepén építették fel az első un. házgyárat, a teljesen előre gyártott épületek paneljeinek gyártására [1]. E mögött politikai okok álltak, azaz a háború óta tartó lakáshiányt kívánták a panelek alkalmazásával relative gyorsan megoldani. Sok család élt egészségtelen szükséglakásban, társbérletben, albérletben, azaz gyakran két-három család kényszerült egy lakásban élni és ez egyre nagyobb feszültséget jelentett a társadalomban. Ennek felszámolásával, azaz a nagy mennyiségű lakásépítéssel is segíteni kívánták az 1956-os forradalmat néhány évvel követő életmód-konzolidációt. Mindezek eredményeként a mintegy 800 ezer előre gyártott rendszerrel, illetve iparosított technológiával épített lakás épült fel Magyarországon a rendszerváltásig, a „gulyás kommunizmus” időszakában.

Az előzőek miatt az új, bár nem nagy, de teljes komforttal megépített lakásokba – különösen eleinte – teljes melegegedettséggel költöztek a családok. Az életszínvonal növekedése és a lakáshiánynak gyakorlatilag való megszűnése már az 1980-as évek vége felé kezdték a panellakásokat más megítélésbe helyezni. További változást jelentett, hogy az állam már nem tudta, a nagy eladósodottság miatt nem is akarta a további lakásépítést teljes egészében finanszírozni. Ezt a folyamatot igen erősen felgyorsította a rendszerváltás és az azt kísérő lakásprivatizáció.

3. A NAGYELEMES (UN. PANEL) RENDSZERŰ ÉPÜLETEK HELYZETE A REDSZERVÁLTÁS UTÁN

1990-től a rendszerváltást kísérő gazdasági fordulat, a piacgazdaságra való áttérés, a nagy állami eladósodottság miatt teljesen le kellett állítani az állami finanszírozású lakásépítést. (A kedvező kamatozású lakáshitel megszűnése leállította a középréteg un. magánéros lakásépítését is.) A rendszerváltást megelőző időszakban az alacsony lakbérek csak a lakóépületek fenntartását fedezték, ezekből a ciklikusan szükséges épület felújítást nem lehetett finanszírozni. A paneles technológiával épült lakóépületek felújítása is szükségessé vált és különösen szükségessé vált volna – az energiának lassan piaci árakra való emelkedése miatt – azok energiatakarékos felújítása. A magyar állam ezt nem kívánta magára vállalni és utólag már látható, hogy elhamarkodott lakásprivatizációs döntést hozott. Ennek következménye volt a szinte teljes mértékű és a többi volt szocialista országhoz képest elszigetelt, de kétségtelen abban az időszakban szociálisnak tűnő megoldás. Magyarországon szinte minden család, amely állami tulajdonú lakásban lakott, igen kedvező feltételek mellett megvásárolhatta azt, azaz ez olyanokat is a lakásuk megvásárlására ösztönzött, akik nem rendelkeztek további anyagiakkal és sokan bizonyára nem is gondoltak az épületek felújításának szükségességére.

Az energiaárak emelkedése és a piacgazdasági szellem elterjedése erősen megemelte a lakások és különösen a panellakások fenntartási költségét. Az utóbbiaknál ennek okai, illetve a problémák megoldási módjai röviden a következők:

1. A homlokzati panelek kialakítása körben hőhidas, így az épületek teljes külső utólagos hőszigetelése elkerülhetetlen,
2. A nyílászárók hőszigetelő értéke igen alacsony, a vékony, gyenge minőségű fából készült tokszerkezetek elvetemedtek, nem zárnak megfelelően, gyakorlatilag teljes cseréjük szükséges,
3. A központi fűtés elavult, a lakások fűtőtesteit nem lehet szabályozni, így a lakások kedvező hőmérsékletét az ablakok nyitásával-zárásával, azaz az utca fűtésével biztosítják a lakók. A lakástulajdonosok a fűtésért átalánydíjat fizetnek, így nem motiváltak (de nem is tudják a fűtőtesteket szabályozni) a hőenergiával való takarékoskodásában. Felújításként tehát a teljes fűtési hálózatot ki kell cserélni, meg kell oldani a lakások hőenergia fogyasztásának mérését, annak szabályozhatóságát az igazságos teherviselés és ezáltal a takarékos használat érdekében.

Könnyen érzékelhető, hogy a fentiek elvégzése komoly kiadást jelent, illetve jelentene a lakástulajdonosokra. Az egyes lakások tulajdonosai részéről viszont gyakorlatilag nincs meg a fizetőképes szándék, vagy az anyagi lehetőség a felújítás terheinek viselésére. Szinte minden épületben vannak lakástulajdonosok, akik még az épület üzemeltetésének közös költségét sem fizetik, helyettük a többi tulajdonos kényszerül ezeket magukra vállalni. Természetes, hogy ilyen körülmények között mások helyett és azok gyarapodására további anyagi terhet nem kívánnak vállalni. Az épületenkénti és nem lakásonkénti(!) privatizáció eredményeként Csehországban nagy számban, a volt NDK-ban szinte teljes mértékben elvégezték a paneles épületek energiatakarékos felújítását. Az előzőekből látható, hogy a magyar állam az 1990-es évek elején választott privatizációval a lakóépületek felújítását az új tulajdonosokra akarta áthárítani. Miután viszont igen sokan közülük nem rendelkeznek anyagiakkal ezek elvégzésére, most a magyar állam belekényszerül a paneles lakások energiatakarékos felújításának pénzügyi támogatására. Mindezt az ország nagymértékű eladósodottsága ellenére is meg kell tennie, mert az energia ára még mindig dotált és közös érdek az energiával való takarékoskodás.

Fel kell újítani a paneles lakóépületeket továbbá azért is, mert a lakások lakóértéke a hőszigetelési problémák miatt egyre romlik és ez már a lakások forgalmi értékében is megjelenik. A panellakások forgalmi értékének relatív csökkenéséhez, illetve a hagyományos szerkezetű lakásokhoz képest alacsonyabb árnövekedéséhez hozzájárul az is, hogy a paneles lakótelepek külső, esztétikai megítélése is változott. Az életszínvonal emelkedésével, a lakáshiány gyakorlatilag való megoldásával, az ún. magánérvényes lakásépítés tetszetősebb, kevésbé monoton megjelenésének hatására a panelházakról alkotott általános vélemény negatív irányt vett. Mindezt gyorsít egy szegregációs folyamatot is. A jövedelmek széthúzásával azok a családok, akik tehették, magasabb státusú épületekbe költöztek, lakásaikat szegényebb, olykor munkanélküli, igen szegény emberek vették meg. Ennek a folyamatnak a megállítása ugyancsak fontos társadalmi feladat.

Meg kell említeni még egy problémát, amely Magyarországon nehezíti az említett gondok felszámolását. A lakások forgalmi ára és bérbeadásuk esetén az érték kapható

lakbér piaci alapon elszakad egymástól. Egy befektetőnek ma még nem érdemes bérházat építeni, mert ez esetben tőkéjéért 2-3 %-os haszonra számíthatna, míg a gazdaság más ágazataiban általános a 7-8 %-os profit. Ahhoz, hogy tőkével rendelkezők egy-egy paneles lakóépületet teljes egészében megvásároljanak, felújítsanak (összehasonlításként K-Berlinben 1.032 DM/m²-t költöttek a paneles lakóépületek felújítására), majd bérházként üzemeltessék, a bérlakások iránt fizetőképes keresletnek kell kialakulni, azaz az általános jövedelmi szintnek emelkedni kell. A bérlakások léte pedig egy ország gazdasága szempontjából igen fontos, mert a munkaerő mobilitása, amellyel a munkanélküliség mérsékelhető, anélkül elképzelhetetlen. Jelenleg pl. Kelet-magyarországról, ahol magas a munkanélküliség, nem tud könnyen átköltözni egy lakástulajdonnal rendelkező család Nyugat-magyarországra egy munkahely elfoglalása céljából. Miután a lakások piaci árában egy-egy település munkahelyekkel való ellátottsága is tükröződik, az említett család lakásának eladása esetén, annak ellenértékéért nem tud hasonló lakástulajdont vásárolni ott, ahol munkahelye biztosítva lenne.

4. ÖSSZEFOGLALÓ

Az előzőekben körülírt problémakört jelenleg Magyarországon csak komoly állami (pl. az un. Panel-program), esetleg EU-s hozzájárulással lehet orvosolni.

IRODALOM:

1. Csuha Pál: Betonelemgyártás, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1973

REKONSTRUKCIJA OBJEKTA GRAĐENIH KRUPNOPANELNIM SISTEMOM U MAĐARSKOJ

Rezime: prefabrikacija stambenih objekata krupnpanelnim sistemom u socijalističkim državama bio je pretežno opšti trend gradnje, građeni su pogoni i kompletna fabrike za proizvodnju stanova, gde se proizvodnja odvijala tokom cele godine. Kao rezultat toga u mađarskoj je izgrađeno 800 hiljada stambenih jedinica. Drastičan rast cena energenata i razvoj tržišne privrede značajno su uticali na cenu i održavanje ovakvih objekata. Zbog toga značajno treba rekonstruisati ovakve objekte. Ovo se može ostvariti samo značajnom finansijskom podrškom od državnih institucija ili pomoću fondova EU.

Ključne reči: prefabrikacija stanova, krupnpanelni sistem, rekonstrukcija

BEOGRAD, GRAD BUDUĆNOSTI JUGOISTOČNE EVROPE – NOVE SMERNICE U MENADŽMENTU RAZVOJA GRADA

Predrag V. Milosevic¹

UDK:711.432(497.11)

Rezime: I dalje traju rasprave o urbanom razvoju Beograda, mada grad od 2003. godine ponovo raspolaze vazecim glavnim aktom u toj sferi, Generalnim planom Beograda 2021. Globalizacija medutim, i s njom zajedno ubrzan tranzicijski razvoj grada, nalazu promenu mnogih vizura tog plana, sto njegovi autori nisu nazalost na vreme uocili. Tri kapitalne stvari, obe od sustinskog znacaja za vreme u kojem Beograd sada zivi, potpuno su izostavljene. Jedna od njih, „Projekat Metro Beograd”, i pored nuznosti da se Beograd ponovo okrene ovoj kapitalnoj investiciji, i dalje ostaje van snage, posto je sa „dnevnog reda” skinuta jos 1982. godine, sto pokazuje da nerazumevanje sustinskih odrednica razvoja jedne metropole u nasim vodecim upravljackim strukturama i dalje traje, iako su prosle i 1992. i 2000. godina. Druga od njih, mreza brzih gradskih saobracajnica, trebalo bi da u najvecoj mogucoj meri na površini zemlje prati mrezu podzemnih zeleznica. A treca, Beograd i na severnoj obali najvece evropske reke, ali pravi a ne tek postojeći uglavnom „bespravni” grad, kao kapitalno odrediste za evropski i svetski, a i domaci kapital, po prvi put se, koliko ovaj autor zna, izlaze na uvid javnosti. Rad tretira i neke druge razvojne teme bitne za glavni srpski (i jugoslovenski!) grad kao, od nedavno, „Grad buducnosti jugoistocne Evrope”, kao sto su stambena izgradnja, urbana obnova i ratne imigracije

Ključne reči: Beograd, grad, buducnost, jugoistocna Evropa, nove smernice, menadzment, razvoj.

1. UVOD

Beograd poslednjih godina privlaci sve vise i vise gostiju iz celog sveta, i to ne samo zahvaljujuci svom bogatom istorijskom nasledu. Ovaj sve zivotniji grad mesto je gde zivi oko 1.800.000 stanovnika, i gde se nudi vise od pola miliona radnih mesta, kako onima koji u njemu zive, tako i onima iz blizeg okruzenja u Vojvodini i Centralnoj Srbiji. Sve dinamicniji ritam u razvoju u stambenoj i radnoj sferi priblizava se onome u ma kojoj od zapadnoevropskih metropola. Sve je vise domacinstava sa samo jednim clanom, i sve

¹ Dr. Predrag V. Milosevic, dipl. inz. arh, vanredan profesor. Univerzitet Union Beograd & Slobodni Univerzitet Crnorizac Hrabri Varna, Arhitektonski fakultet & Fakultet za graditeljski menadzment, Cara Dusana 62-64, 11000 Beograd, Srbija i Crna Gora. Tel: ++381 11 2180287; Faks: ++381 11 218027. E-mail: pmilosevic@eunet.yu i pmilos59@hotmail.com

vise zahteva za sto vecim stanovima. Porodice su sve manje i manje brojne. Sve je vise visoko-tehnologizovanih radnih mesta u tercijarnim servisnim sektorima, a sve manje poslova u industriji i trgovini. Društvo je sve vise sekularno, sa sve raznovrsnijim filozofijama i religijskim obrascima koji sve manje podsecaju na nekadasnje vise ili manje prisutno neraspolozenje za reforme u svim smerovima.

Ocekivanja od Beograda u buducnosti i savremena stremljenja u vezi su sa lokalnom urbanom istorijom dugom vise od dva milenijuma, jednako kao i sa potrebom za izvesnim stepenom ocuvanja, popravke, rehabilitacije i obnove urbane arhitektonske supstance koja u kvantitativnom smislu itekako osnazuje nove poduhvate u izgradnji.

Posle Drugog svetskog rata Beograd je ostao glavni grad jedne od evropskih zemalja srednje velicine. Grad je tada postao jos jaci magnet za stanovnistvo iz mnogih krajeva prethodne Jugoslavije. Mada su efekti vazdusnih napada obeju strana u tom ratu bili izuzetno rusilacki, istorijski grad nije ostao napusten. Obrasci vlasnistva nad zemljistem bili su medutim uglavnom napusteni, buduci da je najveći deo gradskog gradevinskog zemljista zakonom predat gradskoj upravi ili drzavi na raspolaganje. Tako je nazalost jos uvek.

Posto je vladala velika potreba za stanovima raznih vrsta i velicina, ostecene zgrade obnovljene su u slucajevima gde god je to bilo moguće. Na rubovima dotada izgradenog grada podignute su prve nove gradevine, a nedugo zatim utemeljen je i ceo buduci Novi Beograd, na sremskoj strani reke Save, sucelice starom Beogradu, na sumadijskoj strani iste reke. Oba ova dela danas vec metropolitanskog Beograda nalaze se na desnoj obali Dunava, dok je leva obala te najveće evropske reke u Beogradu ostala uglavnom prepustena slucaju, tjs. «bespravnoj» gradnji. Razlozi za to bili su i vojno-strateske prirode, smatralo se dugo, a sudeci po 2003. godine usvojenom trenutno vazecem Generalnom planu tako se sluzbeno misli i danas. A na veliku stetu razvoja i Beograda i Srbije, i cele jugoistocne Evrope, jer Beograd i na banatskoj strani Dunava u ovim iznenada iskrslim povoljnim okolnostima postao je nasusna potreba ove metropole.



Slika 1. Javno zemljiste u Beogradu (Izvor: Generalni plan Beograda 2021)

Podizanje novih delova grada u socijalistickom periodu radeno je po planovima koji su ukljucivali i zgrade i infrastrukturu tehnickih namena, skole i obdanista, sto je u celini

dovelo do uglavnom zadovoljavajuće opremljenosti današnjih mesnih područja u novijim delovima grada. Ova dostignuća mogu se meriti sa sličnima ne samo u nekadašnjim takode socijalističkim zemljama centralne i istočne Evrope, nego i sa dostignućima zapadno- i severnoevropskih socijaldemokratija u istom periodu, a i u vremenu između dva svetska rata.

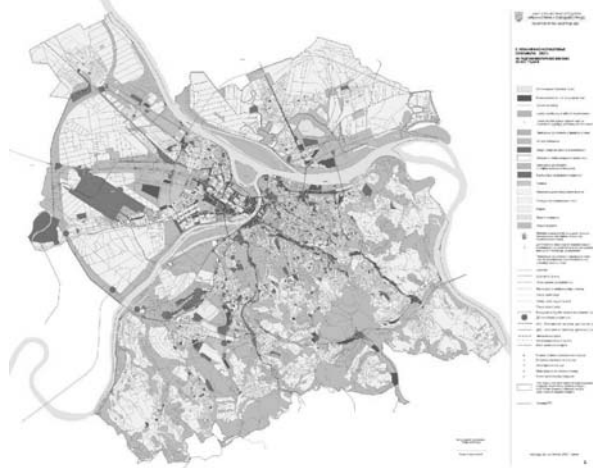
Kada se šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka na zapadnoj i južnim stranama Beograda odigrala prva znatnija urbana ekspanzija, ekonomski i socijalni napredak izgledao je gotovo nezaustavljiv i neograničen. Većina građevinskih elemenata pristizala je iz fabrika, stambeni kompleksi spratnosti i preko dvadeset nicali su na sve strane, građevina za građevinom, niz za nizom, sve orijentisano ka jugu, ako je ikako bilo moguće. Novi poluprsten predgrada-spavaonica i industrijskih postojenja izrastao je u sremskom Beogradu i na južnim zavrsecima grada ka Sumadiji, obrubljujući tako sa gotovo cele tri strane (zapad, jug i istok) od ranije već gusto izgrađeno urbano područje, upravo onako kako se u isto vreme događalo i u mnogim drugim evropskim gradovima. Opremljenost servisnim postrojenjima u novim stambenim naseljima nije bila baš izdanasna, a i transportne veze bile su sve pre nego idealne. Ni dan-danas, nažalost, ovo dvoje nije mnogo uznapredovalo.

2. REKONSTRUKCIJA GRADA I USMERENJA ZA BUDUCNOST

Urbana budućnost Beograda bila je sustinski skicirana konceptom artikulisanog a razloženog, policentričnog grada, koji je uobičajen u to vreme. Paralelno sa povećavanjem gustine onih urbanih područja koja su bila oskudnije razvijena, desavalo se osipanje previse izgrađenih područja. Za istorijski vredna urbana područja od velikog značaja postala je urbana obnova. U «Beogradu u sancu», kako se najstariji deo prestonice označava i u urbanističkoj dokumentaciji, sve je značajnije postajalo očuvanje postojeće građevinske supstance u njenoj integralnosti u sto većoj mogućoj meri, kao i sprečavanje pretvaranja tog dela grada u isključivo kancelarijski i poslovni distrikt u kojem tesko da iko stanuje. Razvoj lokalnih urbanih centara bio je takode u centru pažnje, tako da se Beograd ka zapadu gotovo udvostručio preslikavanjem svoje izgrađene teritorije preko reke Save, dok se ka jugu i istoku izdužio na nekoliko pravaca, naročito u smeru Ibarske magistrale. U svim ovim desavanjima pozadinu je predstavljao automobil, čija se snaga kao simbola napretka i čovekove slobode još uvek ne smanjuje. Glavna tema bilo je obezbeđenje parking-prostora, kao i izgradnja odgovarajućih puteva ka centru grada. Svi ovi planovi nisu do kraja provedeni, ako su i bili sasvim odgovarajući u izvesnim vremenskim presecima. To da je ijedan od njih imao u vidu danas već automobilima sasvim preplavljene dve savske transferzale kroz grad (po pravcu mostova Gazela i Brankovog), kao i jedinu dunavsku transferzalu (ulicama Takovskom/Zdravka Celara i Kneza Milosa/Beogradskom), tesko bi danas bilo poverovati, jer Beograd upravo na ta tri glavna pravca pokazuje svoju nesposobnost disanja punim saobraćajnim plućima. Samo jedan od ova tri glavna tangentno-transferzalna saobraćajna toka, Autoput, izgrađen je na zadovoljavajući način i u skladu sa potrebama i Beograda, a ne samo sired prostora zemlje. A preostala dva tesko da bi bila dovoljna danas, čak i kada bi bili konačno izgrađeni u valjanom profilu. Zaobilazni, Kružni put, svojevrsan baj-pas sa zapadne na južnu stranu grada, tesko da pomaze Beogradu samom, već svojom pozicijom, a još uvek

i uskim profilom. A trebalo bi da ta saobraćajnica znatnije na sebe preuzme tranzitni saobraćaj i tako gusto izgrađena gradska područja oslobodi raznih vrsta zagađenja. Verovatno je da bi potpuna zaokruženost ovog, spoljnog gradskog prstena autoputeva, a na severnu stranu od ukrstanja u Dobanovcima zaobilazeci Zemun i prelaskom Dunava daleko od severnih rubova Borce, Krnjace i Panceva, sa ponovnim ulivom na sadanju trasu autoputa u Bubanj-Potoku, dokle danas sa suprotne strane doseže i Kružni put, mogla u velikoj meri da pomogne razrešenju beogradskog automobilskeg cvora. Ali, uz sasvim izvesnu potrebu za unutrašnjim magistralnim prstenom, ili bolje prstenima, koji bi u svojoj postavci sezali znatno dalje i bolje nego sada zvanično vazeca namera o «Unutrašnjem magistralnom poluprstenu», čija nepraktičnost u svakodnevnom obavljanju životnih funkcija grada, uz izvesnu preveliku cenu njegovih tunelskih i mostovskih delova naročito, tesko da opravdava tu ogromnu investiciju u saobraćajnu infrastrukturu metropole.

Vazne odluke donosene su u toku socijalistickog perioda i u sferi javnog gradskog saobraćaja. Ali najvažnija od takvih odluka, odobrenje i izrada «Projekta Metro Beograd», koji je pod rukovodstvom Sektora za Metro Beograd potrajao svega devet godina (1973-82) zalosno je davno već «bacena preko palube». [1] U tome, što je još zalosnije, ni do danas još nema pozitivnih pomaka, uprkos činjenici da je izgradnja pravog gradskog metroa jedini kvalitetan izlaz Beograda iz sadanjeg stanja sve akutnijeg saobraćajnog kolapsa. Neukima, i možda samo na sebe same upucenima u upravi grada, ovaj kapitalan projekat i danas izgleda nerealan, i, što je još gore, nepotreban ovolikom gradu. A ista ta vrsta ljudi još od 1982. godine, kada su nasilno ugasili «Projekat Metro Beograd» izvesno uživa u sopstvenim posetama gradovima slicnim Beogradu: Becu, Budimpesti ili Minhenu, koji su još od sezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka prionuli na slican posao, bez odlaganja i bez prekida, do danas. [2] Sistem gradske podzemne zeleznice danas tako nazalost i dalje nije jedan od zvaničnih temelja urbanog razvoja Beograda.



Slika 2. Plan namene površina u Beogradu (Izvor: Generalni plan Beograda 2021)

Dinamican proces izgradnje beogradskog Metroa tako je neuko prekinut pre skoro pune dvadeset i četiri godine. Stručnjaci iz Beca i Minhena, gradova slicnih Beogradu i u

saobraćajnom smislu, izradili su detaljno Prvu fazu Projekta, sa 14,5 km metro-linija i 18 metro-stanica. Tako je Beograd još 1982. godine završio sa izradom nimalo jeftine i toliko potrebne plansko-projektne dokumentacije za početak izgradnje evropske metropole na uscu Save u Dunav sa metro-sistemom. Pešačka Knez Mihailova ulica, Zmaj Jovina, Obilićev venac, kao i deo Trga Republike realizovani su prema «Projektu Metro Beograd». I novobeogradski blokovi 19 i 20, sa koeficijentom izgrađenosti 1:6, kao i lokacije Kongresnog centra Sava, Hotela Interkontinental Beograd, Hotela Hajat Ridzensi, Geneksovih apartmana, Delta Holdinga i Jugopetrola određeni su prema svojoj pripadnosti uticajnoj zoni projektovane metro-stanice "Kongresni centar". Daljnje provodenje Projekta Metro Beograd onemogućeno je u nekim upravljačkim strukturama grada, a tako stvari stoje i dan-danas, i pored činjenice da su samo posle Drugog svetskog rata, u 44 grada Evrope, od kojih je većina bila ratom razorena, započeti i još uvek se grade metro-sistemi. A London, Njujork, i čak Budimpešta, sa ovom za nerazumne «skupom» investicijom započeli su još u XIX veku. Ista ova neukost, podržavana nazalost i dalje i sa nekih stručnih mesta u gradu, i dalje u zivotu održava i shemu izrade "Detaljnih planova" prema "želji" potencijalnih investitora. Posle petooktobarskih promena (kako većina i dalje naziva ovu poželjnu «antisamoupravnu revoluciju»), kada je stručna javnost očekivala radikalni prekid sa fundamentalno pogrešnim urbanizmom osamdesetih i devedesetih, nista bitno se nazalost nije desilo. I još se ne desava.²

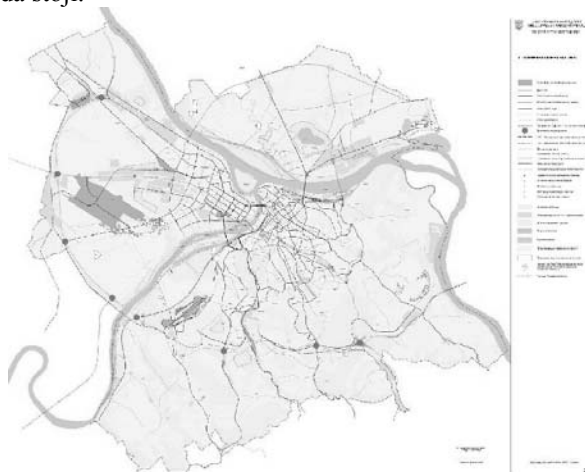
Jos uvek su zaludna nastojanja mnogih u stručnoj i inoj javnosti glavnog grada, a među njima i Akademije arhitekture Srbije³, koja se založila za konačno zaključenje teorija o «automobilsko-tramvajskom» Beogradu i protiv teorija o tzv. «Lakom metrou», jednom sasvim nerazumnom konceptu koji još uvek službeno opstaje, skupa sa nerazumnim i nepotrebnim «Unutrašnjim magistralnim poluprstenom». Naime, jedino nezavisni šinski sistemi, posebno metro-sistem, alternativa su stanovnicima gradova sa više od milion stanovnika da, umesto automobilom, deset puta jeftinije i tačno u minut dođu do svojih radnih mesta. Oni omogućavaju i trajno rešenje parkiranja u centralnim zonama. Akademija arhitekture nije bila samo protiv, ona je s pravom tražila da se takav glavni urbanistički akt za Beograd, kao društveno štetna i u nekima od sustastvenih smernica i odrednica čak nazadna tvorevina, u najmanju ruku suspenduje, zajedno sa svim "detaljnim urbanističkim planovima" i «urbanističkim projektima" koji su zasnovani na istom.

Razvoj gradske podzemne zeleznice gotovo da se u Beogradu nije ni desio, mada je nesumnjiv doprinos trase Beovoza u celini saobraćajnog sistema metropole, koja sa tri strane, od Nove Pazove (zapad-severozapad), Ripnja (jug) i Panceva (sever-severoistok) u samom gradskom centru (Vukov Spomenik) zatvara svojevrstan «ipsilon» koji nemalo koristi stanovništvu regije, ali i grada samog. Za sada još uvek nazalost nesudeni razvoj brze podzemne zeleznice prema odluci iz 1973. godine, ili nekoj obnovljenoj a slicnoj danas, službeno se ne odobrava, sve stoji u mestu. Nista tu ne pomazu jalovi projekti tipa širokokolosecnog gradskog tramvaja, valjda i za XXII vek. Ono sto bi pomoglo Beogradu, «Projektat Metro Beograd», gde treba dopunjen i preraden, još uvek čeka na

² Arhitekta Branislav Jovin, Rukovodilac «Projekta Metro Beograd» 1973-82. Novca bilo, ali ne i pameti. Danas (Beograd), 22.2.2006.

³ Misljenje Akademije arhitekture Srbije dostavljeno je još 28. marta 2003 godine nadležnima u Skupštini Grada Beograda.

zeleno svetlo od strane onih koji odlucuju u ova tranzicijska vremena. Tako i gradski urbani razvoj Beograda, «Grada buducnosti jugoistocne Evrope», kojim se svi ponosimo, ustvari gotovo da stoji.



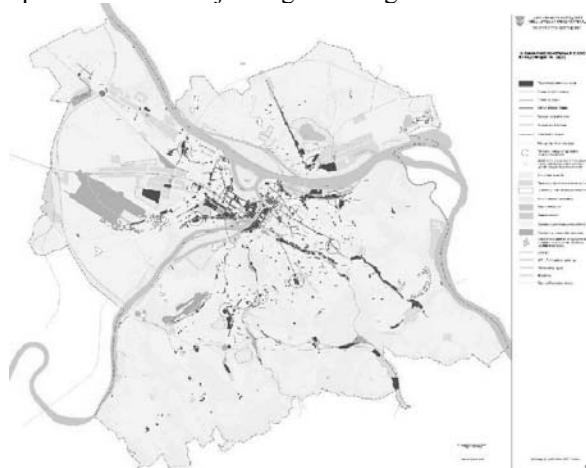
Slika 3. Plan gradskih saobraćajnica u Beogradu (Izvor: Generalni plan Beograda 2021)

«Projekat Metro Beograd» predvideo je pet podzemnih metro-linija u Beogradu: Linija M1 (Zemun / Elektronska Industrija – Mali Mokri Lug), Linija M2 (Dorcol – Naselje Brace Jerkovic), Linija M3 (Surcin / Aerodrom – Jajinci), Linija M4 (Dorcol – Knezevac) i Linija M5 (Bezanija – Knezevac). Isti Projekat imao je u vidu i delom postojece a delom planirane nadzemne zeleznicke linije: RM1 (iz pravca Obrenovca za Visnjicu i dalje preko buduceg mosta na Dunavu do Panceva), RM2 (iz pravca Batajnice preko Dusanovca za Vincu, pa na jugozapad), RM3 (uglavnom postojeća trasa Ripanj – Pancevo) i RM4 (kao linija RM2, ali sa juznim nastavkom prako jos jednog novog mosta na Dunavu za Starcevo i Omoljicu). Nista od trasa planiranih linija sa oznakom M nikada nije izgradeno, a izgradeni su neki delovi trasa linija RM, sto u sklopu medugradskih zeleznica, sto kao deo trase Beovoza.

«Projekat Metro Beograd» treba oziveti jos danas. Vremena je dovoljno zalud proteklo. Tranzicijski Beograd, Srbija, i jugoistocna Evropa u kojoj je upravo ovaj grad proglasen za grad njene buducnosti, zasluuju da se opet krene pravim koracima napred. Moguce je da nesto u tom projektu treba da bude izmenjeno, shodno novim potrebama, ili cak ranijim nedorecenostima ili propustima, moguce su i nove trase, narocito podzemnih linija (npr. Linija M6, delimicno nadzemna, koja bi predstavljala potpun prsten oko Beograda i prolazila kroz gornje delove Zemuna i završne delove danasnjeg Novog Beograda na zapadu, pa prelaskom reke Save u zoni Ade Ciganlije isla dalje uokolo grada ispod Banovog Brda, Rakovice, Miljakovca, Naselja Brace Jerkovic, Malog Mokrog Luga, Mirijeva i Visnjicke Banje, da bi tu presla reku Dunav i zaputila se ka Krnjaci i Borci i na kraju, presavši jos jednom najveću evropsku reku, dosla na svoj pocetak negde u predelu Nove Galenike; u zapadnom, juznom i jugoistocnom svom delu ova kružna trasa mogla bi jednostavno direktno da spoji krajnje stanice predvidenih linija

M5, M4, M3, M2 i M1; ili linija M7, takode kruzna ali uza u poluprecniku, koja bi spajala centralne delove Zemuna i Novog Beograda sa Autokomandom i Vukovim Spomenikom i dalje na drugu stranu Dunava i nazad u Zemun, delom kroz buduci ultra-moderan «banatski» Beograd, za kojim sigurno vec sada postoji velika potreba, a i komercijalni pokazatelji bi ga lako mogli opravdati, sto vec pokazuje i cinjenica o osnivanju nove beogradske opstine Dunavski Venac; u istom svetlu severne zavrsetke predvidenih linija M2 i M4 valjalo bi proizvesti preko Dunava, gde bi te linije mogle prerasti u nadzemnu brzu zeleznicu u smeru Zrenjanina). Gusta i racionalna metro-mreza Beogradu je nuzna vec koliko danas, u to nema sumnje. I izvesno je da bi finansijska struktura mogla lako da se zaklopi, pogotovo imajući u vidu cinjenicu da su zone metro-stanica medu najkomercijalnijim gradevinskim zonama u svakom velikom gradu na svetu, i da bi kao takve sigurno brzo privukle potencijalne investitore i iz zemlje i iz inostranstva, kako se vec pokazalo u primerima mnostva svetskih metropola. [3]

Mreza brzih gradskih saobraćajnica širokog profila trebalo bi da prati oba ova metro-prstena, i uzi i siri, ali, gde god je to moguće, i ostale metro-linije. Postojeći Autoput u takvoj shemi posluzio bi kao transferzala zapad-istok, dok bi novoprojektovana brza saobraćajnica iz smera Zrenjanina i Borče, nakon sto uz rubove Sportskog Centra «25. maj» prede Dunav, tunelom izbila na savsku stranu starog Beograda, i dalje ka jugu nastavila Karadordevom ulicom i Bulevarom Vojvode Misica. Ona bi postala transferzala sever-jug, toliko potrebna saobraćajno zagusenom gradu.



Slika 4. Plan gradskih centara u Beogradu (Izvor: Generalni plan Beograda 2021)

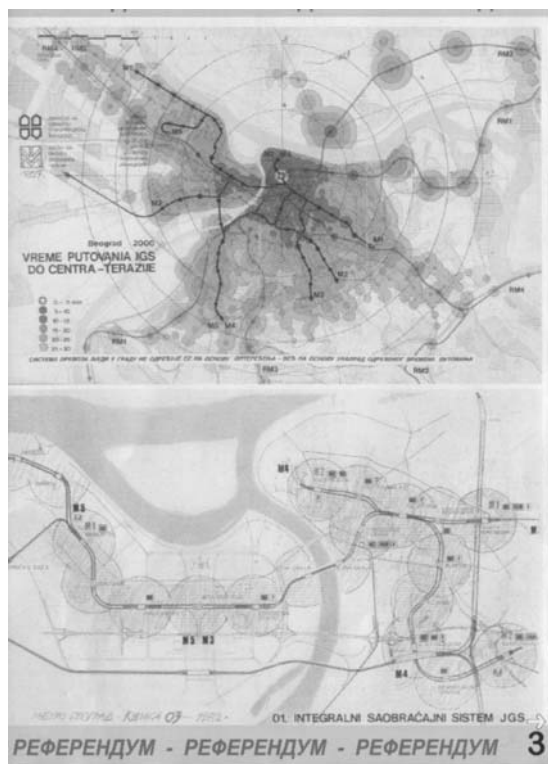
Na celom toku Dunava pored (kroz!) Zemuna i Beograda potrebno je izgraditi vise mostova. Ovaj u nastavku ulice Tadeusa Koscuska bio bi samo jedan od tri neophodna uzvodno od postojećeg jedinog mosta na Dunavu u gradu, Pancevackog, i to jedini nizvodno od Ratnog ostrva. Ostala dva bili bi na mestima gde uzi i siri metro-prsten (koji su ujedno i prstenovi autoputeva oko Beograda) prelaze Dunav, u osovinama zemunske ulice Nikolaja Ostrovskeg odnosno pocetnog dela Autoputa ka Novom Sadu iz smera Kvantaske pijace. Dva nova Dunavska mosta nizvodno od Pancevackog, po jedan u Visnjici i Velikom Selu, pominju se i u vazecim planskim aktima.

Tehnicke mogucnosti izvesno dozvoljavaju nova «premostenja» Save tunelima iz pravaca novobeogradskih ulica Dr. Ivana Ribara i Omladinskih brigada, uz vec predvideni most u osovini ulice Proleterske solidarnosti (ali bez njegovog nepotrebnog nastavka «Unutrasnjim magistralnim poluprstenom»).

Vrlo znacajan segment u ovakvim razmisljanjima predstavlja neizbezna potreba da grad konacno zakoraci i preko Dunava, i to na pravi nacin, potpuno suprotan dosadasnjem, «bespravnom». Gradevinska zemljista na toj strani ove reke prosto vape da budu uzeta u razmatranje, jer ona su za Beograd ono sto je Defans za Pariz, ili ono sto su UNO-City za Bec i Docklands za London, a svi znamo koliko materijalne i svake druge koristi od tih svojih sada vec izgradenih podrucja imaju u pomenutim evropskim gradovima i zemljama.

3. URBANA OBNOVA I PROCVAT GRADA

Pre manje od devedeset godina Beograd je jos uvek smatran za grad sa nedovoljno kvalitetnim stanovanjem. Posle Prvog svetskog rata ucinjen je vrlo vazan korak da se stanje u tome izmeni na bolje. Uoci Drugog svetskog rata grad je imao jedva 200.000 stanovnika. Posle svih razaranja u tom ratu Beograd je krenuo skoro ispocetka, da bi uoci nestanka druge Jugoslavije brojao blizu deset puta vise stanovnika. To povecanje brojnosti ljudi u gradu desilo se u samo malo vise od pedeset godina, i nije teklo lako i bez potresa. Jedna soba cesto je sluzila stanovanju i do deset ljudi. Mnogo stambenih jedinica u socijalistickom periodu izgradeno je uz maksimalnu gustinu stanovanja u razlicitim delovima grada. Neki od tih stanova bili su manje vredni i po kvalitetu izgradnje i po površini i upotrebnoj vrednosti, a neki su bili i ostali daleko od toga. Stanovanje dostupno svima nikada nije postalo moguće, ali vecina stanovništva ipak je imala korist od takvih drustvenih pravila. Ta vecina po pravilu je tako resavala sopstvene stambene probleme. A manjina je vremenom, jedva, uspevala da pribegne drugacijim nacinima borbe za sopstveno mesto u velikom gradu u jos vecem rastu. Tako su nastala velika i gusto izgradena naselja bespravne gradnje na mnogim obodima Beograda, u kojima i danas jos zive stotine hiljada ljudi. Stanovi u Beogradu danas su u najvećem broju vlasništvo onih koji u njima stanuju, mada i dalje ostaje nezanemariv broj onih koji su u vlasništvu države, grada ili ponekog od preduzeca i razlicitih drugih institucija. Ono sto svima i dalje treba jeste savremenija zakonska legislativa koja ce omoguciti bolje koriscenje i odrzavanje stambenog fonda, ali i bolju i masovniju stambenu izgradnju danas, o ma kakvoj prirodi vlasništva da se radi. Pre svega, novi vlasnici sopstvene imovine zakonski se moraju prisiliti da o njoj i njenom izgledu sami vode brigu, i da za nebrigu budu prikladno kaznjeni. Tako ce pozamasna sredstva ostati gradu i državi za druge, takode vazne namene, recimo za podsticanje nataliteta u zemlji, školstvo i zdravstvo.



Slika 5. Projekat Metro Beograd (Izvor: Dokumentacija arhitekta Branislava Jovina)

U ovom svetlu Beograd se opredelio za postepen urbani oporavak koji podrazumeva ucesce korisnika vec u ranim fazama aktivnosti, a umesto rizika od nastanka novih socijalnih geta. Danas je Beograd glavni grad jedne demokratske drzave. On na svojoj teritoriji ima i nekoliko stotina hiljada kuca izgradenih na zemljistu koje je privatno vlasnistvo, mada je i dalje u upotrebi zakon po kojem je gradevinsko zemljiste celo i svuda u nadleznosti jedino grada i drzave. Tek u najnovije vreme veliki broj vlasnika uspeva u svojim nastojanjima suprotstavljenim arbitrarnom nacinu resavanja problema u sferi vlasnistva, zakonima koji se vracaju tradicionalnom rimskom pravu koje podrzava u osnovi neograniceno pravo vlasnika da upravljaju svojom imovinom. Urbana obnova i ocuvanje moraju da stvore regulativni okvir koji odgovara ovim standardima. U ovakvom kontekstu grad ne daje prednost obavezujućim merama, nego se zalaze za efekat imitacije podstaknut savrseno rehabilitovanim gradevinama u susedstvu, za ravnotezu interesa izmedu vlasnika i korisnika, kao i za mere podrške koje se protezu i na stanare i na vlasnike nekretnina. Pravna lica kao sto su kompanije, javna preduzeca i crkve stavljeni su za sada bar formalno u istu ravan sa privatnim gradanima. U urbanistickom smislu, danasnja tipicna struktura Beograda vezuje se za prethodni vek, manjim delom za vreme Kraljevine Jugoslavije a vecim za vreme socijalisticke drzave, u kojem se desio do sada najveći urbani rast grada. Gotovo celo stanovnistvo sadasnjeg Beograda nalazi se u gradevinama koje su izgradene u to vreme. Stoga je stvar javnog interesa da se postavje standardi koji bi definisali koje iz ovog mnoštva gradevina ustvari

zavreduju ocuvanje i obnovu. Cak i ovi standardi podložni su izvesnoj dinamičnoj promenjivosti u toku vremena, jer se i konkretni nacini koriscenja urbanog prostora, kao i socijalna stvarnost grada i upotreba njegove strukture neprekidno razvijaju, a razvija se i nase znanje u raznovrsnim podrucjima specijalnosti. [4]

Sedamdesete i osamdesete godine proslog veka dovele su Beograd pred nove izazove. A jugoslovenske ratne devedesete godine dovele su grad zamalo do eksplozije, implozije bolje reci. Ogroman broj ljudi pohrlio je u grad iz separatistickih republika bivse Jugoslavije, nastojeci da u njemu nadu sigurno i trajno utociste. Jos uvek je tesko reci o kolikom se broju ljudi radi, ali je vrlo verovatno da je u pitanju vise desetina hiljada novih stanovnika Beograda. Najveci broj njih smestio se u rubnim delovima grada, ali je izvestan broj mesto pod suncem pronasao i u samom jezgru Beograda. Ionako snazan grc u strukturi metropole time je samo postao jos izrazeniji. Ipak, ovaj talas novih useljenika u Beograd nije doveo do vakuuma u razvoju grada, u kojem je u meduvremenu naglasak postepeno premesten sa urbane ekspanzije na urbanu obnovu. Namera je bila da ta obnova bude sto pazljivije provedena, naime bez radikalnih renoviranja, bez socijalnog obremenjavanja ionako bremenitih situacija, bez unistavanja i rusenja vrednog arhitektonskog istorijskog i kulturnog nasleda, kao i bez konflikata kakvi su se vec pokazivali u drugim velikim gradovima. Takode, intencija je bila da se bar delimicno zaposedne urbani prostor koji je izgledao kao potpuno podreden automobilu. Upravo u to vreme uspostavljena je prva beogradska pesacka zona u ulici Kneza Mihajla.





Slika 6. Pogledi sa Kalemegdana na levu obalu Dunava. (Izvor: Dokumentacija autora)

Urbanistička dokumenta iz tog vremena detaljnije su definisala uvu urbanu strategiju. Prostorni model grada fokusiran na ocuvanje i pažljivo prilagodavanje njegove supstance predviđenoj ekspanziji uzduž pravaca mogućih sredstava javnog transporta u Beogradu kao «Gradu budućnosti jugoistočne Evrope» sada već nekoliko godina nije više u potpunosti valjan, jer je nuzan u izvesnom smislu spektakularan korak napred, korak kakav su još šezdesetih ili sedamdesetih godina već napravili nasi susedi u Becu, Pragu, Minhenu ili Budimpešti. Sam prelazak Dunava i izgradnja «banatskog» beogradskog «Defansa» korak je koji bi u mnogome podsećao na još sedamdesete godine XX veka u Parizu, ali i na početke u izgradnji Peste, u sada već davnom XIX veku. Nimalo nerealno. U takvom planu, koji bi znači zadovoljavao potrebe buduće metropole na uscu Save u Dunav, osovine i područja buduće izgradnje koje se sticu u zonama budućih gradskih centara na Terazijskoj Gredi, u Novom Beogradu, te negde u Dunavskom Vencu, sve uokolo Ratnog ostrva, bili bi određeni u skladu sa smernicama razvoja grada u novonastalim tranzicijskim i budućim uslovima života, rada i rekreacije. Takav plan dao bi budućem razvoju Beograda toliko potrebnu stabilnost, koja bi se zasnivala na jasno postavljenim pravcima njegovog rasta i razvoja u sasvim izvesnim smerovima. «Zeleni klinovi i pojasi» smesteni između ovih osovina, kao i u koncentricnim krugovima uokolo centra, prozeli bi celinu metropole, te bi kao takvi predstavljali gotovo jezgro gradske urbane politike i urbanog planiranja, što bi omogućavalo razvoj instrumenata «nezne» urbane obnove. Participacija stanovništva javlja se tu kao vazan cinilac. Proglasene su već zone ocuvanja u kojima je rusenje starih zdanja dozvoljeno samo pod izuzetno strogo određenim okolnostima. Razradeni su procesi organizovanja, finansiranja i izvodenja obnove pojedinačnih gradevina i blokova zgrada. Jos ne postoje fondovi za obnovu gradevina i grada koji bi bili jasno ukljuceni u iznalazenje pogodnih lokacija i gradevina za urbanu obnovu, a za razliku od stanja u slicnim gradovima u nasem delu kontinenta i sire. Postoje propisi koji su zakonski osnov za zastitu postojećeg izgleda grada. Izvesni delovi grada, kao i neki delovi i celine van uzeg gradskog područja Beograda, proglašeni

su svojevremeno zasticenim zonama. Pod uticajem desavanja u «razvijenom» delu Evrope i sveta, provode se i finansijske mere i postupci koji podupiru konzervaciju i revitalizaciju delova gradske supstance. Zahvaljujuci tome zone pod zastitom ocuvane su do danas. Desetine hiljada gradevina i mnoge gradske i prigradske ambijentalne celine smestene su tako u razlicitim dokumentima pod razne rezime zastite, u razlicite zastitne zone, a mnoge od njih i danas jos uvek cekaju na celovitu analizu koja ce omoguciti i pravi nacin za sagledavanje njihovog mesta u strukturi metropole i njenoj buducnosti. Ipak, paralelno sa ovim neprekidnim desavanjima u sferi «velikih projekata u malim koracima», ne desavaju se nazalost jos uvek i neki mnogo krupniji, od kojih su dva ovde vec pomenuta: «Projekat Metro Beograd» i «Banatski» Beograd na levoj obali Dunava. Ovaj potonji, beogradski UNO-City na oko 600 km nizvodno od Beca, vec ima obezbedene sisteme zastite od visokih voda te reke uz njeno korito, kao i uz tokove Dunavca, Sebesa, Mokrog Sebesa i Kalovite, koji toj buducjoj severnoj trecini Beograda mogu samo pridodati na drazi, te ga zajedno sa uredjenjem Bare Veliko Blato pretvoriti u pravi panonski Amsterdam. Buduce gradevinske aktivnosti u ovom podrucju imale bi ne samo izuzetnu komercijalnu vrednost u oblastima izgradnje poslovnih, stambenih i proizvodnih gradevina i celina, kao i «green-field» kompleksa poput Trznog centra «Metro» koji tu vec postoji, nego bi i Beogradu kao celini omogucile znatno bolju zastitu od poplava, a na izvesnim mestima, uglavnom uz tekuce i stajace vode, kreirale bi i divovska rekreativna podrucja u neposrednoj blizini gusto razvijene metropole. Tome bi svoj doprinos mogle dati i gradske i drzavne instance, organizacijom velikih priredaba i omogucavanjem novih kapitalnih investicija u ovoj i u drugim zonama Beograda (npr. Svetska Izlozba - EXPO u sferi ekologije i zastite covekove sredine, ili Diznilend), koje bi sasvim sigurno imale odlucujuci uticaj na razvoj svih vrsta. «Projekti stoleca» bili bi sasvim prikladni tituli koju je grad nedavno stekao za jugoistok kontinenta, a koja je jedan od motiva za ovaj rad. Kako god da nazovemo ovaj buduci deo grada: «Banatski» Beograd, Prekodunavski Beograd ili Dunavski venac, ili nekako drugacije, izvesno je da bi njegovo postojanje konacno dovelo do cinjenice da Beograd postane i grad na obe obale Dunava, a ne samo Save, kao do sada. Potreba da Beograd uklopi obe svoje reke evidentna je u gradu vec jako dugo. Nesto je manji «zalogaj» da se to ucini sa Savom, ali uredenje Savskog Amfiteatra, njegovo pretvaranje u jedan od centara svetske metropole (nekad vec osmislanjano pod nazivima «III Milenijum» i «Europolis»), prosto ne moze biti dovoljno zdravim ambicijama grada koji se nalazi na ovakvom mestu u Evropi, i koji ce sve vise vapiti za novim pravcima i zonama urbanog razvoja, gde na najbolji nacin moze da ovaploti finansijske dotoke iz zemlje i sveta. Beograd na Savi, na obe njene obale, jos u potpunosti ne funkcioniše, jer je centralni deo te zone jos uvek van prave upotrebe. A Beograd na Dunavu tek treba da postane jedna od kapitalnih smernica u razvoju grada, koji se i vazecim Generalnim planom iz 2003. godine izgleda jos uvek stiti od «invazije zemalja Varšavskog Pakta». Ovaj projekat veka trazi vreme, ali ljude pre svega.

4. TRECA MLADOST BEOGRADA

Kada je 1989. godine smaknuta «Gvozdena zavesa», koja se po nekim površnim misljenjima nije bas mnogo ticala i Jugoslavije (ne i po misljenju pisca ovih redova), i

Beograd se, zajedno sa mnogim drugim gradovima u centralnoj i istocnoj Evropi, odjednom iz svoje do tada prilicno periferijske pozicije «preместio» u samo srediste evropskih zbivanja. Grad od tada, a narocito od pocetka jugoslovenskih gradanskih ratova, ubrzano raste. Veruje se da je u poslednjih deceniju i po Beograd, skupa sa svojim gravitacionim podrucjem, dobio novih bar 200.000 stanovnika. Ovaj rast pracen je potrebom za stanovima, skolama, obdanistima, bolnicama i drugom infrastrukturom. Ova «treca mladost Beograda» nije sustinski mnogo razlicita od prve i druge, koje su se desavale posle dva svetska rata. One su sve tri realno lako uporedive, bez obzira na razlike u razmerima i potrebama promenjenog stanovnistva i novih vremena na istom prostoru. Godisnje se sada gradi po nekoliko hiljada stanova, mada su nekad, u vreme socijalizma, stanovi gradeni i masovnije. Ipak, taj broj poslednjih godina ponovo raste.



Slika 7. Moguce vedute prekodunavskog Beograda (Izvor: Dokumentacija autora)

«Ziveti bez automobila» ostaje i dalje nemoguce, verovatno nazalost. A ne bi moralo da i dalje ostaje tako, ako bi gradski menadzment bio voden u skladu sa ovde vec predstavljenim «Projektom Metro Beograd». Vazeci Generalni Plan nastojao je da uoblici osnovne pozamasnog urbanog rasta, ali je nazalost ostao zatocen u visedecenijskom anti-strateskom mrtvilu, bez novih a toliko neophodnih izmena usred nove Evrope u kojoj grad sada stoji na jednom od najbitnijih mesta. Sve zablude proslosti u njemu i dalje vaze, uprkos ne malim vrednostima koje u taj Plan jesu utkane. Nove zone izgradnje povezane su sa postojećim razvojnim osovinama. Zelene zone zauzimaju neophodna mesta, ali se one «na dunavskoj strani» sasvim pasivno ostavljaju po strani, izgleda bez ikakvog razmisljanja o njima. A na toj strani grada stoji vise od 1000 hektara zelenila, uglavnom prirodnog, koje za buducnost grada mora biti uklopljeno u njegov razvoj odgovarajucim planiranjem, zoningom i zemljisnom politikom. Koncept saobracaja predstavlja osnov za buduci razvoj podzemne (i nadzemne) zeleznice, kao i za upravljanje rastom tranzitnog saobracaja koji je znatno porastao uklanjanjem «Gvozdene Zavesе» prema evopskom istoku i konacnim

završetkom jugoslovenskih gradanskih ratova. Legislativa «menadzmenta parking-prostora» kojom su centralne zone Beograda proglašene zonama kratkog zadržavanja u parkiranju za koje se prilično skupo plaća, znatno je smanjila automobilski saobraćaj u kojem su učestvovali uglavnom zaposleni u gradskom središtu, a poboljšala je stanje u sferi parkiranja automobila i povisila kvalitet urbanog prostora. Novije aktivnosti Gradskog arhitekta u sferi izgradnje novih parking-garaza na mestima jakog «saobraćaja u mirovanju» sirom Beograda zaslužuju u istom smislu svaku pohvalu. Kvalitet urbanog prostora unapređen je osmišljavanjem mera zasnovanih na programu u kojem su kombinovani razni elementi «beogradskog urbanog mobilijara», kao što su kontejneri za isluženi papir i staklo, klupe, korpe i telefonske kabine.

Sada se broj stanovnika Beograda verovatno polako ponovo stabilizuje. To međutim ne znači da je sa rastom grada završeno. [5] I dalje postoji potreba za novim prostorima za življenje, i zahtevi se stalno menjaju. Populacija postaje sve starija, a broj jednodomacinstava i dalje raste. Tako i Beograd plaća svoj danak visokotehnologizovanom društvu koje u njega polagano ulazi. Sada su, međutim, «unutrasnje rezerve» grada te koje stoje u prednjem planu. To su uglavnom manje rupe u urbanom tkanju. Za građevinske aktivnosti sve ceste se koriste stari industrijski kompleksi poput Pristanista Beograd na Savi, ili Luke Dunav, svakako sa neophodnim senzibilitetom. Sve više će se koristiti nekadasnje kasarne i saobraćajne površine, poput izvesnog broja vojnih zona po celom urbanom prostoru, ili zone sadašnje železničke i autobuske stanice. Urbani pod-centri razvijeni su kao ključne tačke javnog transportnog sistema. Uz podršku Evropske Unije, koja je već tu i biće, nadamo se, sve veća, urbani programi biće «napadnuti» na još sirem frontu, to je sve izvesnije. Beograd za to treba već sada da je spreman. Ta spremnost podrazumeva naročito kapitalne programe, poput dva ovde već pomenuta. Nespremnost, pak, znači trajan gubitak.

5. ZAKLJUCAK

Vreme ne stoji. Rastojanja se smanjuju, nova polja delatnosti nastaju i van trodimenzionalne stvarnosti. Stari urbani prostori dobijaju nove sadržaje a da se to nužno ne povezuje sa vidljivim promenama. Globalizacija, ma šta to bilo, napreduje jako brzo. Već dugo država nije merilo stvari, nego je to opet sve više grad, onako kako je to bilo u renesansnoj Italiji ne mnogo davno, na sreću cele ljudske vrste. Sve vidljivije srce civilizacije opet je grad, u svom neposrednom okruženju, regionu. Beograd treba da bude spreman za budućnost, on treba da ima svoj «Strateski plan». [6] U gradu se već sada godišnje izgradi oko 1.200.000 m² komercijalnog, poslovnog i stambenog prostora. Strani investitori sve više su zainteresovani za gradnju novih tržnih centara, lanaca trgovina, hotela i stanova. Zone uz magistralne pravce prema Zagrebu i Novom Sadu, ali i one prema Zrenjaninu i Pancevu, već sada prednjace. Nesto je manje zanimanje za Ibarsku magistralu i ostale pravce prema jugu, usled slabije infrastrukture. Beograd, u kojem sada živi 32% svih zaposlenih u Srbiji, zato već sada godišnje izdvaja više od 100.000.000 evra za izgradnju i obnovu infrastrukture, što je deset puta više nego pre svega 6 godina. Samo u zoni uz Autoput ka zapadu, površine nesto manje od 1000 hektara, planira se izgradnja 3.000.000 m² komercijalnog, poslovnog i industrijskog prostora. Strani kapital valja privući ovom privlačnom gradu, valja graditi, otvarati nova

radna mesta i poboljšavati standard stanovništva. Blagostanje raste geometrijskom, a ne aritmetičkom progresijom. Očekuje se da u doglednoj budućnosti svaki stanovnik Beograda na raspolaganju ima 125 m² komercijalnog prostora. Sada grad raspolaze sa svega 1,85m² takvog prostora po stanovniku.⁴

U vremenu kada su veliki programi uglavnom već zastareli i pre nego što mogu biti provedeni, ono što podrazumevamo pod «Kako?» i «Kada?» nije manje važno nego «A šta to?». Takmičenje među gradovima određeno je nizom činilaca. Kvalitet životne sredine, mogućnosti u kulturnoj sferi, nivo kvalifikovanosti stanovništva, situacija u saobraćajnoj sferi i uravnoteženost socijalnih potreba samo su neki od najvažnijih među njima.

Profil Beograda u ovom kontekstu nije uopšte los. Ono što grad bastini još iz kraljevske i socijalističke Jugoslavije i knezevske Srbije čvrsto je i dalje na svojim nogama, itekako čvrsto. «Grad koji ima svoju istoriju», a Beograd to itekako jeste, treba sada da zaista iskoristi svoju sasvim pogodnu startnu poziciju. To mu je istorijska sansa. Ovaj rad je skroman prilog svog pisca upravo u tom smeru.

LITERATURA

[1] Jovin, B.: Projekat Metro Beograd, Dokumentacija arhitekta, Beograd 2006.

[2] Stadtplanung Wien: Schwerpunkte der Stadtentwicklung Wiens 1945 – 1997, Wien 1998; Banik-Schweizer, R.: Wien, Stadtentwicklung (u: Architekture Wien – 500 Bauten), Wien 1997; Swoboda, H.: Wien setzt Schritte (u: Wien 2010/Im europäischem Dialog/Robuste Stadtraeume), Wien, 1992.

[3] Keiner, M.: Managing Urban Futures - Sustainability and Urban Growth in Developing Countries, Ashgate, London 2005.

[4] Jenks, M., Burton, E., Williams, K.: The Compact City – A Sustainable Form. Oxford Brookes University, Oxford 1996.

[5] Stojkov, B., Vucicevic, A., Djumic, A.: Regional Spatial Plan for Administrative Territory of Belgrade, Territorium No 1, Belgrade 2004.

[6] Slati, P.: On Sustainable Urban Development: Challenging the Economical Paradigm as a Global Model for Urban Change – Human Rights and Urban Vision: An Architect's Manifesto, Department of Built Environment and Sustainable Development (BESUS), Chalmers University of Technology, 2004.

⁴ Generalni plan Beograda 2021. Službeni list Beograda, broj 27 od 15. oktobra 2003.

BELGRADE, A CITY OF THE FUTURE OF SOUTH-EAST EUROPE – NEW DIRECTIONS IN MANAGEMENT OF THE CITY DEVELOPMENT

***Summary:** Discussions on the issue of the urban development in Belgrade are still in progress, although since 2003 the city has current urban planning document once again on its disposal, General Plan of Belgrade 2021. Nevertheless globalisation and intense transition and development of the city urge for a change of many visions within that planning document, the fact that has not been seen on time by its proper authors. Three capital issues are left completely out of the document, all essential for the time Belgrade lives now. One of these, Project Belgrade Underground, still stands out of official legislation, ever since it was dropped out in 1982, although Belgrade must turn back to this capital project. There is still an absence of understanding within the city and state government that spoils the area of essential directions to the metropolitan development, ever since 1992 and 2000. Second one, a network of high-speed city motorways, shall follow the underground train-network on the surface in as much as possible. And the third one, Belgrade on the northern embankment of the biggest European river, but a real Belgrade and not a „lawless” slum-city as it exists from the socialist times, shall become a capital destination for all european, world and domestic investments. That is for the first time before the eyes of the public, in as much as this author may be aware. Paper elaborates some other issues of the development as well, all essential for Serbian (Yugoslavian!) capital, „A City of the Future of South-East Europe”: housing, urban renewal, and civil war immigration.*

***Key words:** Belgrade, city, future, south-east Europe, new directions, management, development.*

PREDLOG MODELA ORGANIZACIJE KOMPANIJA KOJE IZVODE OBJEKTE INFRASTRUKTURE

Ratko Mitrović¹

UDK:65.014.518.3

Rezime : U ovom radu će se predložiti model organizacije structure za kompanije koje izvide različite objekte infrastrukture. Predloženi model je projektno orjentisan, veoma fleksibilan i možete ga primijeniti u različitim radnim uslovima i sistucijama. Za ovaj model organizacije se predlaže orginalni informacioni sistem uz upotrebu Primavera softvera.

Ključne reči: model, organizaciona structura, infrastruktura, projekat, informacioni sistem

1. UVOD

Kompanije koje izvide infrastrukturne projekte, izgranju novih objekata, rekonstrukciju i održavanje postojećih su veoma značajne, pogotovo za zemlje sa nedovljno izgrađenim i slabo održavanim objektima infrastrukture. Analizirane kompanije ne samo da se bave izgradnjom, rekonstrukcijom i održavanjem, već i proizvodnjim građevinskih materijala. Ove kompanije imaju u većini slučajeva instalisane kapacitete za eksploataciju i preradu sirovina, majdane, drobilišna postrojenja, separacije, fabrike betona i asfaltne baze. Ove lokacije su raspoređene tako da pokrivaju određenu teritoriju, i to uz minimalne troškove transporta koji zanačajno utiče na visinu troškova.

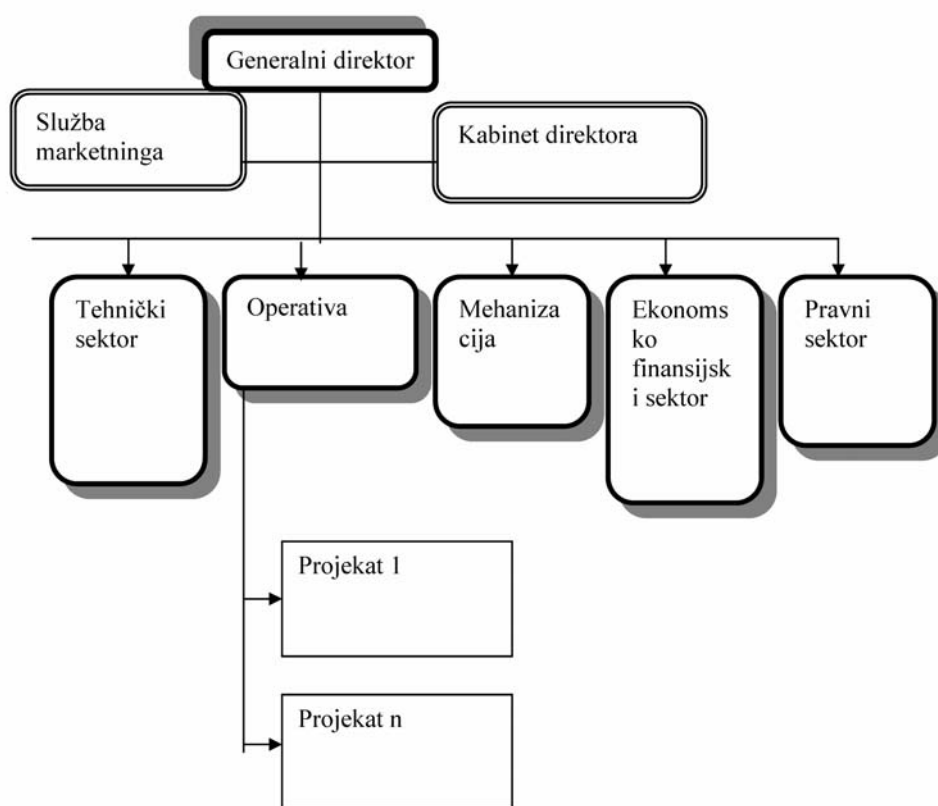
U daljem izlaganju analiziraćemo model organizacije structure jedne tipske kompanije koja se bavi izgradnjom i rekonstrukcijom objekata infrastrukture. Ovaj rad je proistekao iz istraživanja koje je njegov autor vršio za kompanije koje projektuju i izvide objekte infrastrukture. Dodatni stimulans je značaj razvoja ovog sektora u opštem privrednom razvoju.

2. POSTOJEĆI MODELI ORGANIZACIJE STRUKTURE

Model organizacija kompanija koje izvide objekte infrastrukture je funkcionalnog tipa ili funkcionalno-projektnog, sa izrađenom vertikalnom hijerarhijom i nije se suštinski mijenjao zadnjih petnaestak godina. Sam model organizacije je prikazan na slici 1. . Glavni problemi ovog modela organizacije su nedefinisana odgovornost rukovodioca projekata, neposrednih izvršioca i drugih zaposlenih. Iz tih razloga projekti se uglavnom završavaju sa zakašnjenjem. Zbog velikog broja hijerarhijskih nivoa od neposrednih rukovaoca do menadžera nije uspostavljena adekvatna komunikacija, a samim tim i odrgovornost. Nivo

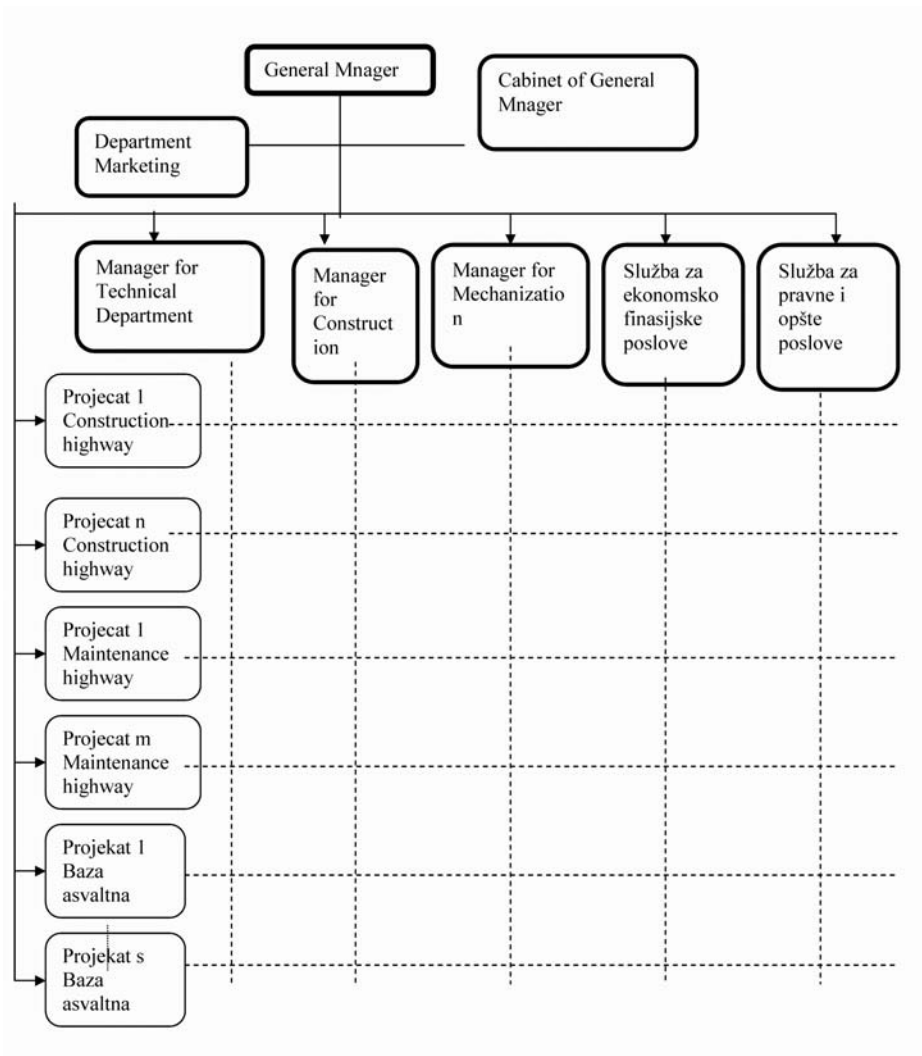
¹ Dr.sc. Ratko Mitrović¹ dip.ing.grad. , Građevinski fakultet, Podgorica , Srbija i Crna Gora

edukovanosti radnika i menadžera po pitanju upravljanja i korišćenja savremenih softverskih alata za upravljanje je veoma nizak. Kod ovih kompanija, pored organizacionih problema postoje i problemi needukovanosti radnog osoblja. Postojeći informacijski sistemi su uglavnom organizovani na nivou tehničke službe, dok kod ostalih djelova obrada podataka je organizovana individualno, uz korišćenje personalnih računara i Makrosftovog ofisa. Na slici 1. je prikazan uobičajeni model organizacije strukture kompanija koje izvode objekte infrastrukture.



Slika 1. Uobičajeni model organizacije strukture kompanija koje izvode objekte infrastrukture.

3. PREDLOŽENI MODEL ORGANIZACIJE



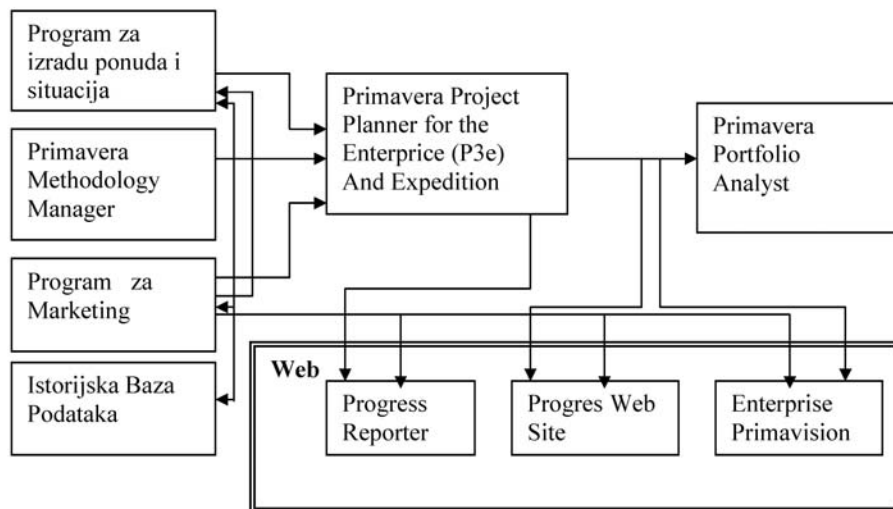
Slika 2. Predloženi model organizacije strukture kompanija koje izvide objekte infrastrukture.

Prethodna analiza stanja kompanija koje izvide objekte infrastrukture je prezentirana sa ciljem definisanja strategije za izradu informacionog sistema, što je često bila naša preuzeta obaveza. Konstatovali smo da postojeći model organizacije ovih kompanija nije adekvatan,

odnosno da je neophodno mijenjati postojeći model u funkciji boljeg funkcionisanja i definisanja odgovornosti, kao i mogućnosti primjene gotovih softverskih paketa. Da bismo dali predlog informacionog sistema, bilo je neophodno prethodno definisati model organizacije strukture kompanije, uzimajući u obzir sve njene specifičnosti. Kod usvajanja modela mora se voditi računa o racionalnostima izrade informacionog sistema. Predloženi model organizacije strukture za kompaniju koja izvodi objekte infrastrukture je matrična organizacija Slika 2.. Predloženim modelom se prešlo sa funkcionalne na matričnu organizaciju sa ciljem da se istakne odgovornost rukovodioca projekata, omogući bolje planiranje i praćenje projekata i smanji veliki broj hijerarhijskih nivoa u upravljanju.

4. MODEL PREDLOŽENOG INFORMACIONOG SISTEMA

Kao osnov izrade informacionog sistema korišteni su predloženi model organizacije strukture i softverski paketi Primavera. Kod preduzeća koja izvide objekte infrastrukture moraju se zbog velikog broja projekata koristiti softverski paketi koji omogućavaju nezavisnu obradu više projekata istovremeno i dobijanje adekvatnih izvještaja za različite hijerarhijske nivoe. Informacije o stanju na projektima su neophodne za donošenje upravljačkih odluka, na nivou menadžmenta u kompaniji. Na slici 3. je dat predlog informacionog sistema za kompanije koje izvide objekte infrastrukture.



Slika 3. Informacioni sistem za kompanije koje izvide objekte infrastrukture.

Osnovna baza predloženog informacionog sistema su softveri američke kompanije za izradu softvera Primavera. Izabrana je softverska kompanija Primavera iz razloga što mnoge vodeće svjetske kompanije koriste ove softvere kao osnovu za upravljanje i realizaciju svojih projekata. Primavera softveri su uglavnom obuhvatili programe koji su vezani za

planiranje i realizaciju projekata, ali nijesu obuhvatili softverske pakete za istraživanje tržišta i izradu ponuda i baza za cijene materijala, radne snage i mehanizacije.

Metodologija izrade informacionog sistema za kompaniju koja izvodi objekte infrastrukture je bila sljedeća:

- Definisana je novi model organizacione strukture,
- Uspostavljen OBS za preduzeće,
- Dodijeljen EPS za preduzeće i određen odgovorni rukovodilac (OBS) za svako EPS čvorište,
- Dodijeljeni su projekti EPS čvorišta i određeno tehnološko ustrojstvo (WBS) svakog projekta,
- Pridruženi su odgovorni rukovodioci (OBS) svakom projektu i WBS elementu,
- Urađeni su opšti profili i profili bezbjednosti u P3e.
- Otvoraju se korisnički nalozi u P3e i pridružuju im se odgovorni rukovodioci (OBS) i projektni profili,
- Određuju se neophodni resursi za kompletiranje različitih projekata.

Za izradu ponuda i baza za cijene materijala, radne snage i mehanizacije postoje mnogi softveri na tržištu, tako da je moguć dobar izbor. Mi smo u ovom slučaju predložili gotovi softverski paket Faraon. Ovaj program omogućava stvaranje baze podataka i cjenovnika za radnu snagu, materijal, mehanizaciju i cjenovnike, norme. On također omogućava veoma automatizovanu izradu ponuda, tendera, situacija, predmjera i predračuna radova i automatski prebacuje ove podatke u Primavera Project

Planner for the Enterprise (P3e) program. Ova kompatibilnost omogućuje veoma brzo kreiranje ponuda, i na osnovu njih jednostavnu izradu dinamičkih planova za određeni projekat.

Adekvatan Softverski paket za istraživanje tržišta, koji je namijenjen projektom upravljanju i koji je kompatibilan sa Primavera softverskim paketima ne postoji na tržištu. Iz tih razloga smo sami morali da isprojektujemo novi softverski paket koji će zadovoljiti postavljene zahtjeve za istraživanjem tržišta i biti kompatibilan sa Primavera softverskim paketima i programom Faraon. Ciljevi koji su se postavili su istraživanje tendera na tržištu za različite regione, vrijednosti ponuda, dostupnost resursa, cijene svih resursa, stručna i pravna regulativa za različite regione, istorijska baza podataka, istraživanje javnog mnjenja i propaganda. Zbog značajnosti dijela informacionog sistema Marketing smo i predložili organizaciju novog sektora.

Programski paket Primavera Enterprise P3e/c, sistem za planiranje, praćenje i kontrolu svih projekata preduzeća je lociran u centralnoj bazi podataka preduzeća koja je smještena u Tehničkoj službi. Korištenjem P3e/c, preduzeće može da čuva i da upravlja projektima sa različitih lokacija.

Primavera Methodology Manager je integrisana platforma za poboljšanje podrške korištenja najboljih postupaka, naučenih lekcija i organizacionih standarda u obliku projektnih obrazaca, obrazaca radnih proizvoda i mjera za procjenjivanje postupaka. Uloga Primavera Methodology Manager je da stvara, osvaja, organizuje i poboljšava standardne postupke koji mogu ponovo da se koriste za istraživanje budućih projektnih planova.

Primavera Portfolio Analyst pruža projektni siže i prpratne podatke za članove projektnog tima, više rukovodioce putem bogatog skupa grafika i izvještaja u jednoprojektnom i višeprojektnom okruženju.

Enterprice Primavision pruža interfejs za rukovodioce projekta i članove projektnog tima kojima je potrebna «Web» osposobljena funkcionalnost za upravljanje projektima. Korisnici mogu da stvaraju projekte, upravljaju projektima, koristeći «Web» pretraživače.

Program (P3e) može da se koristi za objavljivanje projektnih planova u obliku «Web» strane na internetu. Projektna «Web» strana omogućava projektom osoblju i drugim zainteresovanim stranama da pregledaju projektne podatke koristeći «Web» pretraživač.

Informacioni sistem za korporativno upravljanje projektima uključuje strukturalni pristup upravljanja tekućim projektima koji se odvijaju na nekoliko lokacija istovremeno i koje se realizuju jednovremeno sa više projektnih timova. U cilu bezbjednosti podataka i sigurnosti upravljanja prije početka korištenja Primaverainih softverskih paketa potrebno je uspostaviti na nivou kompanija koje izvode objekte infrastrukture organizaciono ustrojstvo (OBS), projektno ustrojstvo na nivou preduzeća (EPS), kao i resursnu hijerarhiju. Korisnicima takođe treba dodijeliti odgovarajuća prava pristupa.

5. ZAKLJUČAK

Predloženi model informacionog sistema je isprojektovan uz korištenje Primaverainih softverskih paketa kao osnove. Procesu izrade informacionog sistema za kompanije koje izvode objekte infrastrukture je veoma kompleksan posao, kao uostalom i edukacija zaposlenih da bi se ovaj predloženi informacioni sistem mogao adekvatno koristiti. Na ovom poslu smo kao najbolje rješenje izabrali paralelni rad - izrada informacionog sistema i edukacija osoblja za njegovo korištenje. Kao najveći problem se svakako pojavljuje nedovoljna edukovanost radnog osoblja po pitanju mogućnosti tehnika upravljanja projektima, rada na računarima, kao i poznavanje softvera za upravljanje investicijama. Proces implementacije i održavanje informacionog sistema je dug proces i on je, kao i uvođenja sistema kvaliteta, trajan proces.

S obzirom da je ovaj rad pionirski posao kod nas, tek treba očekivati veću mobilnost na ovom području, a pogotovo na polju izrade informacionih sistema za investiciona ulaganja u infrastrukturu.

LITERATURA

- 1.Ahuja. H.N., Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Project, New York, 1994.
- 2.Archibald.A.B. Managing High-Technology Programs and Projects, New York, 1992.
- 3.Richard L. Daft., Organization Theory and Design, San Francisco, 1994.
- 4.R. Mitrović. Tehničko-tehnološko modeliranje organizacionih struktura građevinskih preduzeća, Izgradnja, Beograd, 1998.
- Davidson J. Frame., Managing Projects in Organization (How to make the best use of time,

techniques, and people), San Francisco ,1995.

5. Frederick E. Gould- Nancy E. Joyce, Construction Project Management, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio.

6. Donald S. Barrie, Boyd C. Paulson. (1991). Professional Construction Management, Prentice, New York.

7. Magazine, Engineering New Record.

Fenoski Pena Mora .(1997). Information Technology for Better Change, Cost, Schedule in Construction Project, Genesville.

8. O. Moselhi, M. J. Nicholas, Hybrid .(1900). Expert System for Construction and Scheduling.

O. Brein. (1992). Value Analyses in Design and Construction, New York.

9. R. Mitotic. (1997). Modeling the technical and technological structure of construction companies operation in market conditions, Belgrade,

10. Thomas Bateman, Scott Snell.(1999). Management – Building Competitive Advantage, New York.

11. B.Ivković, Ž. Popović- Upravljanje Projektima- Građevinska knjiga, 2006.

PROPOSE MODEL ORGANIZATION COMPANIES WHICH CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE OBJECTS

***Abstract:** In this paper we will propose the model organization structure of companies which constructing different kinds of infrastructures objects. The proposed model organization structure is project orientation, very feasible and you can to use it in different kinds of working condition and situations. For this organization model we proposed the original information system with use the Primavera software's.*

***Key words:** model, organization structure, infrastructure, project, information system.*

POSLOVI NA PRIPREMI GRADILIŠTA

Želimir M. Petrović ¹

UDK: 69.05

Rezime: Rad prikazuje redosled aktivnosti na organizaciji poslova i pripremi potrebne dokumentacije za realizaciju pripremnih radova na gradilištu. Pripremnii radovi na gradilištu su ključne aktivnosti za pravilno i uspešno organizovanje rada i života radnika na gradilištu radi uspešnog okončanja posla.

Ključne reči: Pripremnii radovi, gradilište, organizacija.

UVOD

Svako gradilište mora da ima dobru i temeljnu pripremu, što podrazumeva detaljno predviđanje svih događaja koji mogu da se odigraju na gradilištu. Kada je gradilište u blizini matične organizacije ili u urbanoj sredini, u svakom momentu mogu se uraditi razne intervencije, međutim kada je gradilište udaljeno od matične organizacije potrebna detaljna i pažljiva priprema gradilišta koja će obuhvatiti i predvideti sve eventualne probleme i na vreme obezbediti potrebna rešenja.

Pre početka pripremnih radova na gradilištu neophodno je obaviti sledeće aktivnosti u saglasnosti sa Zakonom o planiranju i izgradnji objekata («Sl.glasnik RS, 47/2003 godine»), i odgovarajućim podzakonskim aktima.

UVODENJE IZVOĐAČA U POSAO

Uvođenje izvođača u posao znači ispunjenje onih obaveza investitora bez čijeg prethodnog ispunjenja početak radova faktički nije moguć i pravno nije dozvoljen, a obuhvata:

- obezbeđenje i predaju izvođaču propisno obeleženog gradilišta, u saglasnosti sa članom 115, Zakona o planiranju i izgradnji;
- obezbeđenje izvođaču prava pristupa na gradilište;
- predaju izvođaču odobrenja za izgradnju;
- predaju izvođaču tehničke dokumentacije (glavni projekat) za izvođenje radova;
- obezbeđenje sredstava za finansiranje realizacije projekta i sredstava za plaćanje obaveza po zaključenom ugovoru;

O uvođenju izvođača u posao sastavlja se poseban zapisnik i to se unosi u građevinski dnevnik.

¹ Inž Želimir Petrović - Preduzeće "DINAMIKA" Beograd, Aleksinačkih rudara 57, tel: 011/696-491

PRETHODNI I PRIPREMNI RADOVI

Izgradnja novog objekta, bio on u urbanoj sredini ili ne, ni u kom slučaju ne sme da ugrožava život i rad okoline objekta i njenih žitelja. Počevši od korišćenja radnog vremena pa do odvoženja zemlje sa gradilišta (koja ne sme da se rasipa po ulicama) i iznošenja blata mora u svakom momentu da bude ispoštovan.

Pripremni radovi uglavnom obuhvataju analizu spoljašnjeg transporta materijala, opreme i mehanizacije, od proizvođača-nabavljača do gradilišta. Detaljnu analizu i pregled postojećih saobraćajnica u pogledu stanja putne mreže, njene propustljivosti, nosivosti, širine i dr., a jedna od bitnih provera je mogućnost nabavke materijala i opreme u neposrednoj blizini gradilišta.

Prvi i osnovni radovi su **predhodni radovi** koji, u zavisnosti od lokacije, mogu da budu različiti i ujedno skuplji ili jeftiniji. Na primer u prethodne radove spada uređivanje prilaznog puta od glavne saobraćajnice do gradilišta.

Početak izvođenja pripremnih radova na objektu odnosi se na izradu i postavljanje instalacija privremenog karaktera za potrebe gradnje; ograđivanje gradilišta; obezbeđivanje potrebnih prostora za dopremu i smeštaj građevinskog materijala kao i druge radove u cilju obezbeđivanja sigurnosti okolnih objekata, saniranje terena kao i obezbeđivanje nesmetanog saobraćaja.

Investitor je dužan da izvrši **prijavu izvođenja pripremnih radova** nadležnom organu opštine i organu koji je odobrio građenje. Uz prijavu dostavlja se sledeće:

- Projekat pripremnih radova sa izvršenom tehničkom kontrolom, u 4 primerka.
- Primerak overenog ugovora o građenju.
- Primerak overenog pravosnažnog rešenja o odobrenju za izgradnju.

Pripremni radovi moraju da obuhvate sve radove koje je obavezno izvršiti u cilju obezbeđivanja odvijanja građevinskih radova. Izrada gradilišnih saobraćajnica u cilju osiguranja normalnog prilaza do objekta tako da može nesmetano da se priđe do samog objekta, kamioni u fazi iskopa zemlje, prilaza miksera i pumpi za beton u fazi izvođenja betonskih radova. Ovi putevi moraju da budu izvedeni tako da u svakom momentu vatrogasna kola mogu da priđu do svakog dela objekta za slučajeve požara ili nesreća.

Izgradnja privremenog naselja za osiguravanje smeštaja ishrane radnika koji izvode radove na objektu, podrazumeva i izradu kancelarijskih objekata, laboratorije, magacinskih prostora, radioničkih prostora, prostora za skladištenje, energetske kapacitete, servise, instalacije itd.

Izrada gradilišne ograde sa odgovarajućim kapijama za vozila i radnike. Izrada i postavljanje gradilišne table sa jasnim obaveštenjem o Investitoru, nameni objekta, izvođaču radova, vremenima početka i završetka radova

Obezbeđivanje i izrada kranske staze uz predhodni proračun broja potrebnih kranova tako da se osigura pokrivanje objekta u cilju dotura materijala i opreme. Pokrivenost kranom mora da bude minimalno 90% površine objekta. Obavezan je crtež objekta, kranske staze i površine koji pokriva strela kрана. Pre upotrebe kранаova obavezna je kontrola ispravnosti od strane odgovarajućih stručnih službi. Bez njihovog odobrenja, koji izdaju posle testiranja svakog kрана posebno najstrožije je upotrebljavati kran. Vršenje testiranja kranova obavlja se svaki put kada se postavi kran.

Obezbeđivanje i izrada prostora za armirački pogon koja sadrži: armirački sto, mašinu za savijanje armaure (kod većih gradilišta), prostor za smeštaj armature i smeštaj obrađene armature. Armirački pogon mora da bude u radijusu dejtva kрана da se lako može vršiti istovar iz kamiona i transportovanje gotove armature do mesta ugradnje na objektu.

Obezbeđivanje i izrada prostora za tesarski pogon potrebno je da bude neposredno pored armiračnice i u zoni kрана. Ovaj prostor treba da zadovolji potrebu za smeštaj drvene građe koja se dovozi na gradilište, prostor za obradu drvene građe kao što je cirkular i drugo, prostor za smeštaj gotove oplata. Po pravilu radi se određeni broj kompleta oplata i ista se koristi veći broj puta, uz redovno čišćenje i popravku posle betoniranja. Ukoliko se koristi metalna oplata i za nju je potreban prostor za smeštaj jer se i ta oplata radi u određenom broju kompleta koji mora da se čisti i održava. Metalna oplata uvek posle upotrebe mora detaljno da se očisti od betona i da se kompletna premaže antikorozivnim premazom u cilju sprečavanja pojave korozije koja posle ostaje na betonu. Sav materijal i oprema koji se koriste u radu moraju biti složeni tako da omogućavaju lak pregled i nesmetano njihovo uzimanje bez opasnosti od rušenja.

Ukoliko na gradilištu nema dovoljno mesta da se uskladišti potreban materijal, potrebno je organizovati dovoženje samo potrebnu količinu materijala, koja se može složiti bez zakrčavanja prilaza i prolaza.

Pomoćne pogone, kao što su tesarski, stolarski, armirački i druge radionice potrebno je smestiti izvan zona opasnosti. Ukoliko to nije moguće, treba predvideti odgovarajuće mere zaštite na radu.

Ukoliko se gradilište nalazi izvan naseljenih mesta i daleko od postrojenja za proizvodnju betona neophodno je obezbediti odgovarajuće postrojenje na gradilištu za koje je takođe potreban prostor, kao i prostor za smeštaj silosa za cement i deponije agregata za pripremu betona. U ovim slučajevima potrebno je obezbediti i prostor za parkiranje potrebne mehanizacije.

Poslovi ispitivanja terena bušenjem i sondiranjem kao i uzimanje uzoraka radi proučavanja terena za gradnju, geofizička i geološka ispitivanja delom se rade pre projektovanja a delom i u toku izvođenja radova.

Za potrebe normalnog rada na gradilištu potrebno je obezbediti struju, vodu i telefonski priključak.

- Za priključak električne energije na gradilištu potrebno je da izvođač radova podnese **zahtev elektro distribuciju uz fotokopiju građevinske dozvole i baždaren sat koji se postavlja na gradilištu**. Ujedno, izvođač radova je obavezan da uradi **elaborat razvoda elektro kablova po gradilištu** koji su potrebni za nesmetan rad na gradilištu. U tom cilju potrebno je obezbediti potreban broj razvodnih tabli sa osiguračima i utičnicama po svim etažama objekta uz punu kontrolu sigurnosti.

- Za priključak vode za gradilište potrebno **je da izvođač podnese zahtev Direkciji vodovoda i kanalizacije uz fotokopiju građevinske dozvole i odgovarajući vodomer** koji se postavlja na gradilištu.

- Za dobijanje **telefonskog priključka** postupak je isti ali i zavisi od tehničke mogućnosti za dobijanje priključka.

Od samog otvaranja gradilišta neophodno je obezbediti **toalet**. Najčešće ljudi ne pridaju mnogo pažnje ovim potrebama, ali to je u obavezu da se uradi odmah, da kasnije ne bi dolazilo do neugodnih situacija. Lokacija toaleta treba pažljivo da se odabere i u zavisnosti od veličine gradilišta i broja ljudi koji rade na objektu potrebno je obezbediti potreban broj toaleta, umivaonika kao i instalacija za pitku vodu.

Svako gradilište trebalo bi da ima **privremenu deponiju** koja mora da bude smeštena pored neke gradilišne saobraćajnice, ali da ne smeta radovima na gradilištu.

Čišćenje objekta treba da bude stalna obaveza a ne da se radi od slučaja do slučaja, ili po nalogu Nadzornog organa.

Zaštita na radu – definisana je Zakonom zaštititi na radu (SG RS br. 41/91, 53/93, 67/93, 48/94 i 42/98) i odgovarajućim pravolnicima.

Gradilište mora da bude tako uređeno da omogućava nesmetano i sigurno izvođenje svih radova na gradilištu. Obaveza Izvođača radova je da uradi elaborat koji mora da obuhvati sledeće mere zaštite na radu:

- osiguranje granica gradilišta prema okolini
- uređenje i održavanje saobraćajnica (prolaza, puteva i td.
- Određivanje mesta, prostora i načina razmeštanja i skladištenja građevinskog materijala
- Izradu i ređenje prostora za čuvanje opasnog materijala
- Način transportovanja, utovara, istovara i uskladištenja raznih vrsta građevinskog materijala i teških predmeta
- Način obeležavanja i osiguravanja opasnih zona
- Način rada na mestima gde se može pojaviti vatra
- Definisavanje vrste i smeštaja mašina i postrojenja
- Definisavanje načina izvođenja građevinskih skela
- Način zaštita od padova sa objekta
- Sredstva i mere zaštite od požara na gradilištu
- Izradu, uređenje i lokaciju sanitarnih čvorova na gradilištu
- Organizovanje prve pomoći na gradilištu

Investitor je dužan da osam dana pre početka građenja objekta podnese *prijavu za početak izvođenja radova* na objektu.

Prijava se podnosi nadležnom organu za izdavanje odobrenja u formi obrasca koji mora da sadrži: naziv investitora; naziv izvođača radova; odgovornog izvođača radova; početak gradnje i rok završetka radova. Prilog uz prijavu gradnje mora da sadrži:

- Glavni projekat sa potvrdom i izveštajem o tehničkoj kontroli u 4 primerka.
- Pismenu izjavu o početku građenja i rok završetka radova.
- Primerak overenog ugovora o građenju sa ovlašćenjem izvođača radova.
- Primerak pravosnažnog rešenja o odobrenju gradnje.
- Dokaz o uređenju građevinskih odnosa u pogledu naknade za uređenje građevinskog zemljišta (ugovor sa Direkcijom za građevinsko zemljište).
- Uslovi JKP.
- Ugovor sa JP Skloništa.
- Dokaz o uplati administrativne takse.
- Elaborat o uređenju gradilišta (SG RS br. 31/92)

ZAKLJUČAK

Uočeno je da se u praksi ne poklanja dovoljno pažnje poslovima na pripremi gradilišta. U ovom radu se nije ulazilo u detalje tipa nabavke računara, papira, olovaka itd. Cilj je da se skrene pažnja izvođačima radova da priprema gradilišta se ne odnosi samo na barake, vodu i struju, već da je to kompleksan posao koji se mora strogo ispoštovati.

PREPARATION WORKS ON THE SITE

Abstract: This article is showing a correct order of activities for organization of works and preparing necessary documentacion for preliminary works on the site. However, preliminary works are the key activities for a good organization of the work and life of workers on the site, in order to complete the work successfully.

Key words: Preparing works, site, organize.

ENGLISKI JEZIK U GRADITELJSKOM MENADŽMENTU

Valentina Radonjić¹

UDK: 811.111'276.6:624

***Siže:** Proces učenja jezika ima posebno mesto u proučavanju fenomena ljudske komunikacije a oni koji žele da nauče Engleski imaju za to puno razloga. Jedan od osnovnih je da Engleski jezik ima status Lingua Franca, a zbog globalnog uticaja Engleskog u vazdušnom saobraćaju, vestima, filmu, nauci, internetu, itd najrasprostranjeniji je u svetu je po učenju kao strani jezik. Svoju popularnost Engleski jezik duguje i činjenici da ima ogroman broj pozajmljenih reči iz drugih jezika, kao i minimalnoj gramatičkoj infleksiji u poredjenju sa drugim Indo-Evropskim jezicima. Studenti graditeljskog menadžmenta poseduju i druge motive za učenje engleskog jezika koji se definišu kao Učenje jezika za posebnu ili specifičnu namenu, Engleski za potrebe profesionalnog zanimanja, i Engleski za akademsku namenu. Imajući sve ovo na umu, programski ciljevi u graditeljskom menadžmentu pokrivaju: Opšti engleski, Poslovni Engleski i Tehnički Engleski. Ovi ciljevi su takodje odredjeni potrebama internacionalnih menadžera. Učenje jezika pomoći će studentima da steknu jednu komunikativnu efikasnost, kao i neophodne veštine koje treba da poseduju stručnjaci, što je jedan proces koji pokazuje da je uloga engleskog u komunikaciji mnogo veća od one koja podrazumeva samo upotrebu funkcionalnih jezičkih modela.*

Ključne reči: Engleski jezik, graditeljski menadžment, specifična namena, komunikativna efikasnost

RASPROSTRANJENOST ENGLSKOG JEZIKA

*"Granice mog jezika su granice mog sveta."
Ludvig Vidgenštajn*

Komunikacija među ljudima je izuzetno kompleksan fenomen pri čemu učenje jezika zauzima posebnu ulogu. Razlozi za učenje engleskog jezika su mnogobrojni, a jedan od osnovnih, je uloga engleskog kao međunarodnog jezika.

Engleski jezik u graditeljskom menadžmentu u prvom trenutku nije moguće odvojiti i posmatrati samostalno i odvojeno od opšteg jezika. Zato je prvo potrebno sagledati motive za učenje opšteg jezika da bi se kasnije pozabavili specifičnostima koje nosi sa sobom graditeljski menadžment kao jedna mlada nauka, a čije se karakteristike ogledaju kroz jezik.

Po svojoj genetskoj klasifikaciji engleski jezik pripada porodici indoevropskih jezika i to Zapadno Germanskoj grupi. Prema podacima iz 2002 godine, po svojoj

¹Prof. Valentina Radonjić, predavač na Fakultetu za graditeljski menadžment u Beogradu, Cara Dušana 62-64, Tel.(011) 2180-287, email: admin@fgm.edu.yu

rasprostranjenosti to je prvi jezik, a ujedno i maternji jezik kojim govori 402 miliona ljudi. Rasprostranjenost jezika određena je mnogim faktorima koji direktno utiču na određivanje potrebe za učenjem jezika, a to su: geografski položaj tj. blizina neke zemlje, ekonomski odnosi, politički status, naučni i kulturni uticaji i drugo. Engleski jezik nametnuo se svojom ulogom svetskog jezika zahvaljujući uticaju Velike Britanije, a kasnije SAD-a, tako da je znanje engleskog jezika postalo neophodan uslov za veliki broj zanimanja, kao i rad na akademskim institucijama. Posle Mandarinskog Kineskog jezika engleski jezik se govori najviše na svetu, pri čemu su tu uključene i nastale regionalne varijante – razni dijalekti, “Creol & Pidgin English” koji za svoju osnovu imaju engleski jezik. Engleski jezik je zbog svoje rasprostranjenosti i široke upotrebe dobio status Lingua Franca. U multilingvalnoj Evropi gde se vodi bitka oko popularnosti različitih jezika, engleski jezik se nameće kao standard. Engleski je zapravo postao glavni jezik avijacije, nauke i tehnike, diplomatije, međunarodnog biznisa, međunarodnih takmičenja, marketinga, pop muzike, knjiga, štampe, idr.

JEZIK IZ OBLASTI GRADITELJSKOG MENADŽMENTA

Jezički registar graditeljskog menadžmenta je izuzetno specifičan, ali se bez obzira na ovu činjenicu učenje stranog jezika ne može se nikako odvojiti od opšteg jezika. Rasprostranjenost i široka primena engleskog jezika postavlja ovaj jezik kao ciljni jezik činjenicom da je u modernom svetu aktuelan projekat- formiranje profila internacionalnog menadžera. Budući menadžeri moraju biti osposobljeni da ciljni jezik govore kako bi opstali u stranoj zemlji engleskog govornog područja u slučaju kraćeg ili dužeg boravka, stručnog usavršavanja ili čestih putovanja zarad poslovnih kontakata, sklapanja ugovora. i dr.. Graditeljski menadžment je oblast koja se bavi upravljanjem projektima u građevinarstvu. Ovom definicijom jezik postaje primenljiv na situacije gde studenti iz specifičnih razloga žele da nauče jezik, što je u teoriji o učenju jezika definisano kao Engleski za Specijalnu ili Specifičnu Namenu. Očigledno je da biznismenima treba jezik u međunarodnim poslovima i kontaktima. Ova specifična namena se prepliće sa još nekim potrebama studenata koji opredeljuju ciljeve u učenju engleskog jezika. Menadžeri uče jezik iz potreba koje proizilaze iz njihovog zanimanja- Engleski za Poslovne Potrebe i Engleski za Akademske potrebe. Menadžeri danas moraju komunicirati na stranom jeziku u formi usmene i pismene komunikacije počevši od elementarnih životnih situacija kao na primer - telefonskih kontakata, pisanja poslovne biografije, e-mail korespodencije, i slično,- do sastavljanja poslovnih izveštaja, seminarskih, naučnih radova i prezentacija. Studenti koji uče engleski jezik takođe moraju biti osposobljeni za čitanje i razumevanje članaka, stručnih časopisa i literature koja je neophodna za njihove studije i dalje profesionalno usavršavanje što se često naziva Engleski za Nauku i Tehnologiju. Ovakvo multidimenzionalno sagledavanje potreba za savladavanjem engleskog jezika nameće neophodnost da se proces učenja stranog jezika tretira kao projekat s jasno definisanim ciljevima i nizom međusobno povezanih aktivnosti koje su određene vremenskim fazama od svog početka do kraja. Projekat učenja stranog jezika podrazumeva na prvom mestu postavljanje ciljeva u odnosu na polje rada i situacije u kojima se primenjuje, fokusiranje na prioritete, praćenje učinka, savladavanje teškoća, i prilagođavanje tekućim promenama. Jedna od osnovnih specifičnosti projekta učenja stranog jezika podrazumeva veliki broj mini-

projekata u procesu savlađivanja ove materije , a koji se odnose na nadograđivanje jezičkog znanja s jedne strane a s druge, veoma veliku fleksibilnost i prilagodljivost. Suptilnost ljudskih kontakata izuzetno je naglašena direktnim kontaktom nastavnika i studenta. Motivacija studenata, senzibilnost za životne situacije određene komunikacijom na stranom jeziku i kompatibilnost individualnih potreba za učenjem jezika sa opštim potrebama koje su definisane planom i programom obrazovne institucije, od ključnog su značaja za uspešnu realizaciju projekta. Programski ciljevi direktno su opredeljeni multidisciplinarnim naukama koje čine graditeljski menadžment. To su:

- **opšti jezik**
- **poslovni jezik** – koji podrazumeva jezik iz oblasti: internacionalnog menadžmenta, jezik iz oblasti finansija, jezik iz oblasti prava i
- **tehnički jezik** ili preciznije jezik građevine.

KARAKTERISTIKE JEZIKA PRIMENJENE U GRADITELJSKOM MENADZMENTU

Opšti jezik

Korišćenje jezika podrazumeva stalnu interakciju sa određenim kontekstom. U razgovoru sa drugom osobom tumači se šta je sagovornik htelo da kaže. U položaju slušaoca, primljena informacija se koristi da bi se razumelo značenje poruke. U zavisnosti od predhodnog konteksta predviđa se, (iako se u predviđanju može i pogrešiti), šta će uslediti u daljem razgovoru. Iako nehomogenost studenata u pogledu jezičkog nivoa predstavlja jedan veći problem za predavača, moguće je ostvariti interakciju s kontekstom korišćenjem maternjeg jezika, prevodom ili prepričavanjem ideje. Drugim rečima, studenti se osposobljavaju da razumeju ne samo izolovane reči ili rečenice, već ceo kontekst, a s druge strane da prepoznaju ključne elemente koji čine taj kontekst. Ovde veliku ulogu može odigrati tehnika čitanja i markiranje glavnih ideja. Čitalac ili slušaoc se nalazi u konstantnoj interakciji sa jezikom koji vidi ili čuje, analizirajući kontekst u kome se taj jezik pojavljuje. Kroz proces učenja se mogu identifikovati 4 osnovne veštine: razumevanje, govor, čitanje i pisanje. Slušanje i razumevanje ili čitanje i razumevanje predstavljaju receptivne veštine, dok rad na govoru i pisanju podrazumeva razvikanje produktivnih veština. Razvijanje ovih veština poklapaju se sa osnovnim ciljevima u savladavanju opšteg jezika, dok se ostale podkategorije kao napr. hvatanje beležaka, pisanje izveštaja, poslovnih pisama i sl. (u okviru veštine pisanja), vezuju za poslovni i tehnički jezik. Nadograđivanje i utvrđivanje gramatički pravilnih rečenica takođe je jedan od ciljeva opšteg jezika. Studenti moraju imati osnovna znanja iz gramatike koja zauzima centralno mesto u upotrebi jezika, pošto se svaki jezik zasniva na izvesnim gramatičkim pravilima. Međutim, u ovom slučaju, učenje gramatike ide zajedno sa funkcionalnom realizacijom jezika. Gramatika se uči na način da se primeni funkcija koju studenti žele da iskažu. Time dolazi do izražaja komunikativni metod u nastavi, što u potpunosti odgovara postavljenim ciljevima za savladavanje engleskog jezika u graditeljskom menadžmentu. Insistiranje na strogim gramatičkim pravilima i stilsku prefinjenost je neophodna i opravdana za rad sa studentima jezika i književnosti. Čini se da su tradicionalni planovi i programi kroz

naglaseni gramatički metod omanuli u podučavanju kada je u pitanju stvarna upotreba jezika, Funkcije s druge strane naglašavaju one oblasti gde se jezik koristi da se nešto uradi ili postigne. Funkcionalna upotreba jezika naglašena je u modernim udžbenicima kroz izbor tekstova i metodologiju koja naglašava realne životne situacije. Nastavni material -probrani tekstovi iz Longmanovog ciklusa knjiga Market Leader,- iako na prvi pogled poslovni kurs, pokriva sve opšte govorne situacije (upoznavanje, putovanje, porodica, ishrana, posao, kupovina i drugo). Komunikativnom metodom se kroz diskusiju i analizu međuljudskih odnosa iz svakodnevnog života, čak i oni tekstovi koji su kompleksniji i stručni, demistifikuju i približavaju studentima, što je od posebnog značaja imajući u vidu ne samo jezičke poteškoće s kojima se studenti stranog jezika susreću, već i kulturu, čiji mnogi aspekti studentima mogu biti neobični i tesko prihvatljivi.

Poslovni jezik

Učenje poslovnog jezika uslovljeno je postavljenim ciljevima definisanim nastavnim planom i programom, a koji su na prvom mestu determinisani tekućim društvenim kretanjima u savremenom svetu kojim dominiraju gigantske transnacionalne korporacije i multilaterarne institucije. U modernom društvu različite kulture, ideje, principi, teorije, i komunikacija uopšte, su postali međusobno zavisni i povezani, a ovakav princip našao je na svoju potvrdu u procesu nazvanom globalizacija. Bez obzira da li je tumačimo kao kretanje ljudi, proizvoda i usluga, jezika i ideja oko sveta, ili kao dominaciju multinacionalnih korporacija i uništavanje kulturnog identiteta, ona predstavlja pozadinu društveno-istorijskog vrtloga čija se događanja reflektuju putem jezika. Za ostvarenje postavljenih ciljeva, a primarno stvaranje lidera i uspešnih poslovnih ljudi iz oblasti graditeljskog menadžmenta, potrebno je imati na umu da samo poznavanje jezika neophodno za ostvarenje poslovnih kontakata, nije dovoljno. Ovde dolazi do izražaja šira forma komunikacije od uobičajenih kliširanih jezičkih fraza. U kontaktu s biznismenima iz različitih kultura, nailazimo na različite načine mišljenja, a od primarnog značaja je i donošenje poslovnih odluka u gradjevinskom biznisu, a koje se moraju saopštiti na stranom jeziku. Učenjem jezika kroz diskutovanje, tumačenje i prevodjenje, razvijaju se i određene osobine. Tako, pre svega dolazi do izražaja uloga jezika u poslovnoj etici i filozofiji života zasnovanoj na metodologiji iskustvenog učenja. Ovom metodologijom uspešnost se mora uvek potvrditi kroz praksu, a poslovna uspešnost nema svoja ograničenja etikom već upravo obrnuto-saznanje o slobodnom izboru. Ovo saznanje počinje jezikom i tumačenjem različitih pojmova i ideja, Tako studenti postepeno prihvataju da je eventualni otpor prema nekim idejama samo njihov subjektivan doživljaj. Na predavaču je svakako velika odgovornost jer kroz jezik prenosi svoje stavove, ideje i razmišljanja. Komunikacija na stranom jeziku predstavlja prvo rušenje barijere lokalnih ili subjektivnih ograničenja i razvijanje svesti, kao i onih osobina koje poseduju uspešni poslovni ljudi. O tome lepo govori citat Tomasa Aitkena iz jezičkog priručnika za Poslovni engleski Globalna Karijera –Međunarodni Menadžment od A. Pilbima: "Menadžeri moraju posedovati izdržljivost Olimpijskog takmičara, mentalnu spretnost Ajnštajna, konverzacione veštine profesora jezika, rezervisanost sudije, takt diplomate, i upornost graditelja piramide u Egiptu". Uporedo s usađivanjem određenih ideja, (pošto jezik nije moguće odvojiti od kulturnog konteksta), učenje jezika se razvija kao kontinuiran proces u kome su studenti stalno otvoreni za nova saznanja. Raznovrsne teme vezane za prodaju, reklamu i marketing, kontrolu kvaliteta, cene, finansijsko

planiranje, poslovni plan, planiranje projekta, upravljanje projektima, ugovorno pravo, itd često predstavljaju i prvi kontakt studenata sa određenom materijom uopšte. Time je predavač često stavljen u položaj da odgovara na ogroman broj pitanja čiji se odgovori mogu naći samo kroz zajedničko istraživanje studenata i predavača stranog jezika (ovaj "feedback" studenata od posebnog je značaja u tehničkom jeziku), ili upucivanjem na dalje traženje odgovora od eksperata za tu oblast. Nadogradjuju se pomenute jezičke veštine i proučavaju se praktični jezički modeli kroz ciljni jezik. Naglašenija je funkcija jezika (podsećamo se da je ideja jezičke funkcije šta se čini s jezikom). U poslovnom jeziku postoji veliki broj jezičkih funkcija: obraćanje publici, izvinjavanje, žalbe i pritužbe, ponude, zahtevi, davanje saveta, izražavanje slaganja i neslaganja, zadovoljstva, nezadovoljstva i tome slično. Kroz poslovni jezik dolazi više dolazi do izražaja komunikativna efikasnost pri čemu, se zapravo ima na umu jezički nivo. Od studenata se očekuje sposobnost da izraze ono što žele da kažu. Studenti ne moraju biti preslikani modeli Britanaca ili Amerikanaca kojima je engleski maternji jezik, ali se očekuje efikasan učinak-tj. da se engleski jezik nesmetano koristi kao oruđe za komunikaciju, na određenom novou. Kroz razvijanje veštine razumevanja jezika slušanjem, čuju se razne jezičke varijante i dijalekti, pošto uspešnim poslovnim ljudima engleski nije obavezno njihov maternji jezik. Ciljevi ovog programa su dvostruki: studenti treba da u potpunosti razumeju i objasne funkciju biznisa i profesionalne komunikacije, a i sami postaju efektivni komunikatori u različitim poslovnim i profesionalnim kontekstima. Jedna šira jezička osnova od građevine, s jezičke tačke gledišta je neophodna i jezički i kulturološki, jer im upravo to obezbeđuje praktičnu primenu ideja kroz jezik u menadžmentu i ostalim poslovnim kontekstima. Raznim nastavnim tehnikama razvijaju se sposobnosti prosuđivanja i podstiče se intelektualna radoznalost neophodna za samostalan ili timski rad.

Tehnički jezik

Rad na tehničkom jeziku je višestruk. Podrazumeva praćenje i čitanje stručne literature, pa je veliki broj jezičkih aktivnosti organizovan kao "kurs čitanja". Ovde je bitno savladati upotrebu rečnika i razvijati različite tehnike čitanja, pri čemu se najviše pažnje obraća na traženje glavnih informacija. Tako i upotrebu rečnika treba sagledati iz ugla traženja i pronalaženja ključnih reči koje su bitne za razumevanje konteksta. Drugi cilj odnosi se na praktičnu primenu stručnih termina, pa je u tom kontekstu neophodno razviti i izvesne prevodilačke veštine. One pomažu studentima da bolje razumeju društvenu dinamiku i uspešnije se prilagode novonastalim promenama u društvu, tehnologiji i profesiji. Dilema u prevodenju na pr. sa engleskog jezika na srpski-da li jednostavno usvojiti stranu reč ili pak izmisliti jedan adekvatan termin ukoliko u srpskom jeziku ne postoji termin za određen pojam, često se rešava jednostavnim usvajanjem engleskog termina, što je inače i jeste trend s obzirom da se tehnika, a time i novi jezički pojmovi u engleskom jeziku razvijaju bržim tempom. Stoga su prevodilačke veštine bitne ali ne i prenaplašene poste su dileme oko prevodenja ili jednostavnog usvajanja novih pojmova pravi izazov za filologe. S obzirom na usvojen komunikativan metod koji se u savremenoj metodologiji nastave pokazao kao najefikasniji, (makar i samom činjenicom da je studentima takav način rada zanimljiviji), treba naglasiti da se u prevodenju sa engleskog traži najkraći put. Prevodenje pre svega treba da omogući studentima razumevanje odgovarajućih pojmova, tim pre što je prevod određenih termina vrlo često kulturološki definisan. Tako se na primer kulturne različitosti mogu

videti kroz tekstove vezane za različite oblasti engleskog govornog područja. Uloga menadžera u graditeljstvu je planiranje i upravljanje projektima gradnje, ali se u jeziku sreću različiti nazivi za menadžera kao što su: "constructor, construction superintendent, general superintendent, project engineer, construction manager, general construction manager, ili execution construction manager." Termin "construction manager" ponekad određuje celo preduzeće, a ponekad osobu koja je angažovana od firme da vodi radove na gradilištu. Sam proces izvođenja radova može sadržati neke termine koji opisuju tehnologiju različitu od prakse u našoj zemlji, pa ovim kontekst potstaje i kulturološki interesantan. Studentima su poznate dužnjačke veze - "Running bond", (gde su sve cigle poredjane kao dužnjaci, ili obična veza - "Common bond", (gde su vezači postavljeni pod pravim uglom u odnosu na dužnjake). Manje su im poznate, ili se pak prvi put susreću sa Engleskom vezom, Vezom baštenskog zida, Vertikalnom ili Flamanskom vezom. Često se ide na opisno prevodenje da bi se studentima približili određeni pojmovi pa se dešava da ovo i nisu potpuno nepoznati pojmovi, kako se to u prvom trenutku čini. Na primer opis vertikalne veze je da spojevi nisu smaknuti, a odnosi se obično na tanak zid sa dva niza cigala. U nastavi se pored uvodjenja opštih pojmova, pojmova iz projekt menadžmenta koji se primenjuje na građevinski biznis, uvode i termini za građevinske radove, same organizacije rada, koji isto mogu biti različiti ne samo u zavisnosti od govornog područja već se mogu razlikovati od jedne kompanije do druge.

I ovde dolazi do izražaja fleksibilnost jezika. Reč bond (u značenju pojma veza), u drugom kontekstu znači jemstvo ili garancija, pri čemu ovo jemstvo investitoru kao jemac za izvođača daje osiguravajuća kompanija, za razliku od bankarske garancije (bank guarantee). Dok se u potpunosti ne shvati ideja i celokupan kontekst, često je nemoguće odmah dati odgovarajući termin u prevodu. Ovaj problem koji je inače karakterističan za engleski jezik susreće se isto tako i u jeziku graditeljskog menadžmenta. Često je potrebno dobro poznavati stručnu materiju, jer je ponekad iz samog jezika teško izvući zaključak koja garancija je u pitanju. Postoje: initial bond, tender bond, performance bond, performance guarantee, final guarantee, fidelity bond, payment bond, itd. Dinamiku jezika je upravo ovde moguće sagledati kroz nemogućnost da se da gotov i konačan odgovor na neko od pitanja. Često je jedino moguće rešenje, kad je u pitanju praćenje aktuelnijih tekstova iz ove materije, potražiti jedno detaljnije objašnjenje na internetu ili na primer direktno kontaktirati kompaniju koja traži direktora gradnje i pitati za detalje iz oglasa. Ovakvim pristupom jezik je stavljen u stvarnu životnu situaciju što je studentima svakako zanimljivije nego bavljenje samim jezikom zarad jezika. Posebno su naglašeni pojmovi i osnovne definicije vezane za predmet i predračun, ugovornu dokumentaciju, podnošenje ponuda i slično. Zbog širokog jezičkog opsega menadžment u graditeljstvu se s pravom negde naziva "applied sciences"- primenjene nauke što je sa stanovišta filologa jedan precizniji naziv. Prevod sa srpskog na engleski je praktično samo vežba i provera jesu li studenti usvojili neke osnovne termine, kao na pr. šef gradilišta, nadzornik radova, šema organizacije rada i sl. Ovde ponovo dolazi do izražaja značaj usvajanja jezika tj. razumevanja ideje pošto razni stručni prevodi mogu biti i pogresna referenca, tj. mogu biti udaljeni od glavne ideje komunikatora. Jezik tehnike je jednostavan, oslobođen stilskih primesa. Na višem jezičkom nivou naučno i stručno poznavanje materije ide paralelno. Zato se slobodno može reći da tečnost u izražavanju u ovom jezičkom registru pokazuje visok akademski

nivo. Poznavanje programskih termina koji se koriste u graditeljskom menadžmentu deo su poznavanja jezika vezano za informativnu tehnologiju. Odabranim tekstovima i praktičnim vezbama (na primer traženje određenih informacija na internetu), a pre svega korelacijom s drugim predmetima se postiže savladavanje ovog dela konteksta čiji je cilj isključivo praktična primena, tj. rad na kompjuteru ili preciznije primena programa Primavera, Project Management i dr. Ovde se rezultati postignuti u jeziku moraju pratiti ne samo kroz strani jezik već i druge predmete. U procesu usaglašenosti sa standardima, potrebama i prihvaćenom praksom, jezik ima najbitniju ulogu. Međunarodni opšti uslovi ugovora o građenju sačinjeni od strane međunarodnog udruženja konsalting inženjera, (poznato pod nazivom Fidik uslovi) u u širokoj su upotrebi na poslovima u graditeljstvu koje izvode strani izvođači. Pravni jezik koji se koristi u ugovorima je isključivo nadležnost stručnih lica-prevodilaca i sudskih tumača, ali poznavanjem određenih termina studenti jesu u mogućnosti da prepoznaju kontekst i steknu uvid u kompleksnost sintaksičkih struktura. Uz odgovarajuće termine obično se daje i elementarno objašnjenje njihovog značenja, imajući u vidu prihvaćene opšte uslove. Ovde se nailazi na još jedan problem-kako se uslovi primenjuju u više zemalja, s različitim pravnim sistemima, u praksi se neki pojmovi i institucije mogu različito tumačiti. Nisu retki ni sporovi izazvani ovim razlikama i neujednačenostima. Ovim se još jednom potvrđuje opasnost od nestručnog prevođenja i prenaplašenosti razvijanja prevodilačkih veština. Nadograđivanje opšteg jezika i paralelno postepeno uvođenje poslovnog i tehničkog jezika osnovni je princip u nastavi kako bi se postigao maksimalan učinak i aktivno korišćenje jezika. Iako će mnogi jezički modeli i strukture i dalje ostati u sferi pasivnog znanja (što je je široko primenljivo kad je u pitanju razumevanje predavanja stranih predavača ili čitanja i korišćenja stručne literature), projekat učenja jezika u oblasti graditeljskog menadžmenta, kao i svaki drugi projekat, mora imati svoju strategiju čijom će se primenom videti i pratiti efekti u društvu i ekonomiji. Potpuno usvajanje jezika i njegovo aktivno korišćenje, makar imajući u vidu i manji obim gradiva pokazuje svoju vrednosnu upotrebu i veću efikasnost u savremenom društvu nego široko, globalno i teoretsko poznavanje jezika i njegovih pravila.

KONAČAN CILJ PROJEKTA UČENJA ENGLESKOG JEZIKA

Nastavne aktivnosti prilagođene su ciljevima ovog programa, a poklapaju se sa opštim ciljevima i standardima postavljenim u formiranju profila internacionalnog menadžera, bez obzira koja je delatnost u pitanju. Konačno potrebno je pomenuti elemente kulture i različitosti u mentalitetu naših ljudi i naroda kojima je engleski maternji jezik, kao i svih onih poslovnih ljudi koji komuniciraju na engleskom jeziku. Mnogi običaji i navike mogu biti strani i izazivaju čuđenje ili neodobravanje od strane studenata. Upoznavanje, observacija i diskusija različitih običaja i prakse, uz primenu pomenutih nastavnih tehnika, postepeno kod studenata razvijaju fleksibilnost, prihvatanje kulturnih različitosti, poštovanje i toleranciju za svet drugačiji od našeg, što je od izuzetno velikog značaja za dogovore, pregovore i poslovni uspeh. Daljim jezičkim ukrštanjem različitih ideja studenti i sami postaju deo međunarodne komunikacije u kojoj prefinjenost u izražavanju ideja i prava diplomatija bi trebale biti konačan cilj projekta učenja stranog jezika.

LITERATURA:

[1]The Practice of English Language Teaching-Jeremy Harmer, Longman Group Ltd. 1986 London and New York

[2]English For Civil Engineers-Miroslava Horvatovic, Naučna Knjiga 1989 Beograd

[3]Culture Awareness-Barry Tomalin & Susan Stempleski, Oxford University Press, 1994 Oxford

[4]Market Leader, International Management, Business English-Adrian Pilbeam, Pearson Education Ltd. 2001 England

[5]Internet-web pages:

<http://www.krysstal.com/borrow.html> 10.1. 2006.

http://en.wikipedia.org/wiki/English_language 15.1.2006.

<http://www.cs.tut.fi/~jkorpela/lingua-franca.html> 28.1. 2006

ENGLISH LANGUAGE IN CONSTRUCTION MANAGEMENT

Summary: *The process of language learning has a special significance in studying the phenomenon of communication between people. Those who wish to learn English have a number of reasons to do so. One of the main is that English Language has Lingua Franca status and due to its global influence in airlines, broadcasting, cinema, science, Internet, etc, it is the most widely learned second language in the world. Some other reasons for which English language is so popular are an enormous amount of borrowed words from other languages and its grammar which displays minimal inflection compared to some other Indo-European Languages. In addition to all this, English which has been referred to as English for Special or Specific Purposes, English for Occupational Purposes and English for Academic Purposes is studied by students of Construction Management. Having all these in mind, the program goals of studying English in Construction Management cover: English in Everyday Use, Business English and Technical English. These goals are also designed by the needs of international managers. Language learning will help students acquire communicative efficiency as well as some skills necessary for being successful professionals-the process which is proving the role of English in a communication much wider than those of being able to use only functional language models.*

Key words: *English language, Construction Management, Specific Purposes, communicative efficiency*

RAZVOJ SISTEMA UPRAVLJANJA PROJEKTIMA U GRADITELJSKOJ PRAKSI

Pera Ravas¹

UDK: 65.012.2

Rezime: *Upravljanje projektima je veoma prisutno u stručnoj literaturi i u svakodnevnoj konverzaciji. U svakodnevnoj praksi u graditeljstvu nije ni približno toliko popularno. Moramo se suočiti sa realnošću da nam to mora postati životna filozofija. Do tog cilja može se doći prvenstveno organizovanom obrazovanjem i inovacijom znanja.*

Ključne reči: *Upravljanje projektima, informacijski sistemi, timski rad, inovacija znanja.*

1. UVOD

Sredinom dvadesetog veka javlja se potreba da se intenzivira proučavanja problema upravljanja projektima, pošto se pokazalo da metode koje su do tada bile poznate i primenjivane u praksi, više nisu davale zadovoljavajuće rezultate u praktičnoj primeni kod pokušaja upravljanja. Ova proučavanja su dovele do definisanja novih oblasti naučnih istraživanja:

- kibernetika - nauka o upravljanju sistemima
- teorija sistema
- teorija informacija

Iskustva uspešnih nedvosmisleno ukazuju na jednoznačno definisan odnos prema kome veličina uspeha direktno zavisi od kvaliteta upravljanja, odnosno od kvaliteta automatizovanog integralnog informacionog sistema (IIS) koji služi kao osnova za donošenje odluka.

Da bi se izbegao apsurd da uz sve moćnije računarske sisteme i programske pakete, raspoložemo sa sve više informacija, a da budemo sve nezadovoljniji kvalitetom upravljanja, moramo povesti računa o metodološkom pristupu organizovanja razvoja upravljanja projektima. Od izuzetnog značaja za uspeh je organizovan, disciplinovan i formalizovan pristup, a na osnovu prethodno usvojenog projekta.

2. METODOLOŠKI PRISTUP RAZVOJU UPRAVLJANJA PROJEKTIMA

Osnovni cilj realizacije svakog projekta mora biti kvalitetan proizvod ili usluga. Pod tim se podrazumeva da projekat bude realizovan u određenom ugovorenom roku, po određenoj ugovorenoj ceni i da rezultat realizacije projekta u potpunosti zadovolji

¹ Mr Pera Ravas dipl.ing.grad. – Fakultet za graditeljski menadžment Beograd, Cara Dušana 62-64, tel : 011/2180-287; e-mail: admin@fgm.edu.yu

potrebe i zahteve investitora - korisnika - kupca u skladu sa ugovorom o realizaciji projekta.

Da bi se omogućilo ostvarivanje ovako definisanog cilja, neophodan je i odgovarajući pristup realizaciji projekta u pogledu prethodnih radova, tehničke pripreme, planiranja, organizacije, kontrole, informisanja i replaniranja aktivnosti uz stalnu interaktivnu vezu sa okruženjem. Takav pristup u osnovi znači novi način razmišljanja poznat pod nazivom PROJEKT MANAGEMENT.

Iako je skup znanja uobičen pod nazivom PROJEKT MANAGEMENT relativno novijeg datuma, ipak se mora konstatovati da nismo uhvatili korak sa mnogim razvijenim zemljama. Za razvoj ove savremene koncepcije upravljanja projektima, neophodno je da se radi na omasovljavanju korisnika i na izradi i oživljavanju programa obuke, školovanja i inovacije znanja u toku rada, kako bi se stekli uslovi za sertifikaciju i akreditaciju kadrova i organizacija.

Bilo bi izuzetno značajno da se i za razvoj i uvođenje savremenih metoda upravljanja projektima definišu parametri, licence, nivoi kvaliteta i uslovi na osnovu kojih bi se specijalizovane institucije mogle baviti uvođenjem PROJEKT MANAGEMENT - a u pojedinim preduzećima, kao što je to slučaj kod uvođenja sistema kvaliteta ISO 9000.

Opšti ciljevi, namere i orijentacija organizacije u odnosu na upravljanje projektima moraju biti zvanično definisani i propisani od strane najvišeg rukovodstva. To podrazumeva da je odgovornost najvišeg rukovodstva da obezbedi da se upravljanje projektima, kao novi način razmišljanja i funkcionisanja razume, sprovodi i održava na svim nivoima organizacije.

3. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Osnovu upravljanja projektima predstavlja organizovan i razvijen Integralni informacioni sistem uz primenu savremenih operativnih sistema, programskih paketa i metoda informisanja, kao i savremenih metoda rada.

Projekt menadžment ili upravljanje projektima temelji se takođe na definisanom sistemu kvaliteta uz razvijene aktivnosti planiranja, organizacije i kontrole kvaliteta realizacije projekta.

Za planiranje u savremenoj praksi upravljanja projektima najčešće se koristi tehnika mrežnog planiranja. Ova tehnika tokom organizovane i disciplinovane vođene realizacije projekta omogućava veoma kvalitetan prikaz stanja realnog projekta na matematičkom modelu. Osim toga u fazi pripreme za realizaciju projekta, zahvaljujući pe svega razvijenim programima za obradu planova na računaru, omogućena je veoma detaljna i raznovrsna stručna analiza uticajnih faktora i pronalaženje optimalnih rešenja po zadatim parametrima. Veliki broj raznovrsnih i vrlo detaljnih izveštaja o resursima, stanju projekta, finansijskim pokazateljima, realizaciji plana i sl., planerima i stručnom timu eksperata zaduženom za realizaciju projekta pruža obilje informacija za odlučivanje u svakoj željenoj fazi izrade plana ili realizacije projekta. Međutim, sama tehnika mrežnog

planiranja u građevinskoj praksi još uvek se ne primenjuje u dovoljnoj meri, što ima negativnog uticaja i na primenu PROJEKT MANAGEMENT - a u ovoj oblasti.

Postoji veći broj programa za računar koji omogućavaju obradu podataka za izradu planova, posebno dinamičkih planova i korišćenje metode - tehnike mrežnog planiranja. Ovi programi podržavaju aktivnosti u mreži počev od tehničke pripreme, preko raznih obračuna i crtanja planova - grafičkog prikazivanja, do prognoze trendova u realizaciji projekta.

Da bi svi ti programi našli veću primenu u graditeljskoj praksi, neophodna je detaljnija i šire organizovana aktivnost na obuci u korišćenju računarskih programa. Programom permanentnog obrazovanja trebalo bi obuhvatiti i ovu oblast. Po pravilu odnos između pozicije predračuna i aktivnosti u mrežnom planu nije definisan znakom jednakosti. Aktivnost u mrežnom planu u većini slučajeva sadrži različite delove nekoliko pozicija i to zagorčava život planerima. Neophodna je intervencija planera da ceo predračun iz projekta prekomponuje na aktivnosti i da pri tome sve informacije o resursima koje prate pojedine pozicije predračuna preorijentiše na aktivnosti.

Od prvih koraka učinjenih da se primenom računara obrađuju podaci iz mrežnih planova, prisutan je problem mnogobrojnosti podataka. Pri tome velika količina već obrađenih podataka i informacija morala je da se ručnom manipulacijom priprema i prebacuje iz jedne faze obrade u drugu. Savremeni programi za računar omogućavaju da se prethodna obrada podataka o resursima za pojedine pozicije predračuna može proslediti direktno u sledeću fazu, naročito kad su u pitanju aktivnosti u mrežnom planu, što znatno olakšava posao planerima

4. MODEL INTEGRALNOG INFORMACIONOG SISTEMA

Struktura Integralnog informacionog sistema koji može da predstavlja ozbiljnu osnovu za upravljanje projektima, u principu definisana je sledećim podsistemima : Svaki od navedenih podsistema sem kontrole, evidentiranja i izveštavanja ima svoju ulogu koju realizuje preko odgovarajućih aplikacija.

1. **Opšti deo predstavlja** osnovu jer se u njemu kreiraju i održavaju poslovni podaci koje koriste svi ostali podsistemi.
2. **Plan i razvoj** treba da omogući razvoj sistema za planiranje, razvoj CIM tehnologije kao i razvoj organizacije i tehnologije građenja.
3. **Upravljanje sredstvima rada** omogućava on - line obradu podataka u ovoj oblasti.
4. **Upravljanje zalihama** omogućava celokupno praćenje materijalnih troškova. Svi podaci o rezervnim delovima, materijalima i artiklima u svim skladištima nalaze se na uvidu što omogućava maksimalnu racionalizaciju zaliha i objedinjavanje nabavki.
5. **Upravljanje građevinskom proizvodnjom** je jedan od najkompleksnijih podsistema koji se pojavljuju u praksi. Ovaj podsistem funkcioniše u sprezi sa drugim podsistemima, a naročito se oslanja na podsistem: 2. Plan i razvoj.

6. **Kadrovska evidencija i obračun LD** obuhvata obradu podataka iz oblasti rada o radnicima, obustavama, doprinosima i obračun LD.
7. **Finansijsko knjigovodstvo** služi za podršku svim zakonom definsanim knjigovodstvenim obračunima i omogućava operativno praćenje poslovanja celog poslovnog sistema.
8. **Automatsko povezivanje** omogućava prepoznavanje svih transakcija, njihovo usmeravanje na određeni model obrade. Obezbeđuje se da svaki podatak u celom sistemu bude unet samo jednom, a sva ostala povezivanje obavljaju se automatski.

Za realizaciju ovakvog ili sličnog modela ntegralnog informacionog sistema postoje svi potrebni paketi programa za računar. Osnovu za oživljavanje u praksi predstavljaju plan,organizacija i disciplina.

5. ZNAČAJ OBUKE I TIMSKOG RADA

Osnovni i najznačajniji resurs bilo kog načina upravljanja predstavlja čovek sa svim svojim ljudskim osobinama, stečenim navikama i stručnim obrazovanjem. Prema tome, za uspešno uvođenje metoda savremenog upravljanja projektima, najveća pažnja mora se posvetiti u prvom redu - čoveku. Lične ljudske osobine i stečene navike predstavljaju ključne karakteristike za rad na razvoju sistema upravljanja projektima i za kolektivni rad u stručnom timu. Pogrešne procene na ovom planu mogu da dovedu do toga da trud čitavog tima progura 'bezdan semantičkog jaza'. Naime prema jednoj definiciji 'ekspert je čovek koji izuzetno mnogo zna o izuzetno malom broju stvari'. Prirodna posledica toga su veoma ozbiljni problemi u sporazumevanju, što sasvim realno može dovesti do produbljanja 'semantičkog jaza' među ekspertima u stručnom timu.

U takvoj situaciji kao neminovno nameće se rešenja da osim priznatih kvaliteta iz oblasti struka koju zastupaju u stručnom timu, izabrani stručnjaci za rad u timu čak i pre stručnog znanja moraju da poseduju dve izuzetno značajne lične osobine :

- afinitet za rad u oblasti planiranja i informatike i
- smisao za kolektivni rad u stručnom timu.

U nedostatku ovih osobina kod izabranih članova stručnog tima, prisutna je objektivna opasnost da 'semantički jaz' proguta napore čitavog tima i da se čitav poduhvat na modernizaciji sistema upravljanja projektima nepopravljivo iskomplikuje.

6. NOVI NAČIN RAZMIŠLJANJA

Obzirom da savremeno upravljanje projektima predstavlja pre svega određeni savremeni način razmišljanja otvoren za nove uticaje, podložan stalnom razvoju i usavršavanju, očigledno je neophodno da se među prvin koracima mora naći i promena načina razmišljanja svih učesnika u upravljanju projektima. Veliku zablude predstavlja mišljenje da položaj u hijerarhiji organizacije sam po sebi predstavlja i ocenu znanja i stručnosti.

Čitav proces obrazovanja svih učesnika (ne samo rukovodilaca na projektu) u realizaciji projekta, mora biti poveren stručnoj instituciji koja raspolaže instruktorima-ekspertima za oblast upravljanja projektima, kao i za edukaciju novih učesnika u ovom izuzetno važnom poslu.

ZAKLJUČAK

Školovanjem specijalista za upravljanje izgradnjom objekata - projekt menadžera i organizovanim sistemom njihovog angažovanja na poslovima uvođenja i razvoja sistema upravljanja projektima, učinio bi se značajan korak na razvoju i unapređenju primene savremenih metoda upravljanja projektima. Sa time u vezi neophodno je definisanje i primena sistema sertifikata i akreditacije, uz izdavanje odgovarajućih licenci za ostvarene rezultate u razvoju i praktičnoj obuci novih klijenata za praktičnu primenu savremenih metoda u upravljanju projektima.

Jedan od ključnih uslova za učešće na konkursima za realizaciju iole ozbiljnijih projekata, trebalo bi da bude odgovarajuća licenca stručnih radnika - rukovodilaca projekata u vezi osposobljenosti i ostvarenih rezultata u primeni savremenih metoda upravljanja projektima.

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT

Abstract: The Project Management is a subject widely discussed in the professional literature and everyday communication. Unfortunately, it is not applied in the day to day practice to that extent. We must face the reality and Project Management approach should become our business philosophy. To achieve this objective, the priority should be given to organized education/advanced training and use of know-how.

Key words: Project Management, system informations, team work, know-how

TEZE O VAŽNOSTI LJUDSKIH RESURSA U SAVREMENOM SVETU

Dr Atila Sam¹

UDK:005.96
165.731

Rezime: Kapital-način proizvodnje je izrastao na temelju kritike teologiziranog shvatanja sveta. Jačanje tog načina proizvodnje insistiralo je na kvantitativnom aspektu progressa. U uslovima visokorazvijenih industrijskih društava, taj, kvantitativni aspekt sve više postaje teret. S obzirom na to, pažnja se nužno usmerava i na isticanje kvalitativnog aspekta ljudskog života, a to potvrđuje i pojava nove naučne discipline **upravljanje ljudskim resursom**.

Ključne reči: način proizvodnje, kvalitet, kvantitet, pozitivizam, ljudski resurs, upravljanje ljudskim resursom, menadžment

Svet što smo stvorili i u kojem živimo je rezultat čovekove subjektivne sposobnosti da nadvlada krute zakone prirode. Čovekovo poimanje sveta je kroz istoriju društvenog razvoja uvek bilo ograničeno, a njegov progres je rezultat borbe za savladavanje prepreka u procesu razvoja društva. Građanska revolucija je otvorila put napretku čovečanstva kroz stvaranje dobre osnove za ispoljavanje pravog ljudskog subjektiviteta. U centru pažnje buržoaske revolucije nalazila se mogućnost za negiranje metafizičkog i religijskog razumevanja sveta.

Spektakularni razvoj prirodnih i tehničkih nauka nije se mogao zamisliti bez promene stava u odnosu na metafizičko i religijsko poimanje sveta, kao ni očekivati aktuelni nivo i mogućnosti teorijskog i praktičnog dostignuća čovečanstva. Ta dostignuća su fenomenalno unapredila realnu osnovu humanizacije ovog sveta i otvorila prave puteve za jačanje i iskazivanje uloge čoveka ne samo kao aktera već i kao subjekta u predstojećem periodu. Humanizacija sveta, koja čoveka unapredjuje iz pozicije aktera u poziciju subjekta, uvodi ga u novu poziciju u procesu daljeg razvoja ljudskog društva. U tom daljem toku razvoja sve više će čovekova uloga subjekta, a time i njegova odgovornost u donošenju ispravnih odluka dobijati poseban, naglašeniji značaj.

Problem stvara činjenica da su mogućnosti za ostvarenje ljudskog subjektiviteta najveći podsticaj dobivale iz fonda matematičko-statistički obradjenih informacija. Na to barem ukazuje dosadašnja praksa. Čovečanstvo se naviklo da razvoj nauke i pojavu novih naučnih grana (kako prirodnih, tako i tehničkih, a kasnije i društvenih nauka) prati na

¹ Dr. Atila Sam, redovni profesor, Građevinski fakultet, Subotica

osnovu njihovih kvantitativno iskazanih uspeha koji su dobili pozitivan predznak. Tako su, veoma značajni podvizi prirodnih i tehničkih nauka, a kasnije i društvenih, ljude razložno uverili u kvazi jedinu, pravu, objektivnu mogućnost praćenja naučnog napretka i to, naravno, više-manje na osnovu kvantitativnih pokazatelja.

Prvi problem se javio baš zbog prirode krutih statističkih podataka. U svojoj suštini ti pokazatelji čoveka tretiraju kao apstraktno biće, kao brojku, predmet i, u prvom redu, predstavljaju kvantitativne aspekte čoveka, a tek u drugom njegove kvalitativne karakteristike i uspehe. Ova pretpostavka svojim relanim uticajem vrsila je na ljudski bitak evidentno veliki pritisak u pravcu negiranja metafizičkog i religijskog (kvalitativnog) razumevanja sveta. Ujedno, statistika je sve jasnije pokazivala obe svoje osobine, pozitivnu i negativnu, koje su uticale na ljudski razvoj.

Način proizvodnje kao posledica buržoaske revolucije (kapital-način proizvodnje) svoj uspeh je temeljio na realnosti postojećeg ili postignutog stanja u društvu. U tom pogledu statistika je uspela stvoriti dovoljno interesovanja kod ljudi, a time i mogućnost za usmeravanje kapitala za one projekte koje su objektivno-matematički potkrepljeni i naučno zasnovani, obećavali sigurni razvoj, ili bar razrešenje konkretno iskrsljih problema, što je bio predmet društvenih nadanja.

Početak dvadesetog veka je već dao dovoljno dokaza o nadmoćnosti ljudskog subjektiviteta nad prirodom kroz spekulaciju o tome da je čovek sposoban da napravi sve i to u svim mogućim količinama. Naročito je u krugu poslenika u tehničkim naukama i radnika u oblasti tehničke struke zavladao veliki optimizam. Čovek (a tehnika je njegov izum) mora da se usmeri, da se oslanja, na sve one pozitivne efekte nauke, ili nauka koje se mogu relativno brzo i relativno jednostavno uočiti u ljudskom društvu.

Poznato je da su prirodne nauke već postigle značajne rezultate u razotkrivanju zakona prirode. Čovek ume da ih koristi i uopšte, uglavnom zna kako da ih primeni da bi zadovoljio svoje potrebe, odnosno za razvoj tehnike i tehnologije. Sve te zakone prirode uspesno i meri i iskazuje kvantitativno. To vazi za sve pojave koje postoje i mimo čoveka. Primenom utvrdjene naučne tehnologije, i prirodne i tehničke nauke - shodno nivou svog razvoja - s velikom sigurnošću i tačnošću mogu svoje rezultate iskazati putem kvantitativnih podataka i tako ih predočiti svetu.

U društvenim naukama to nije išlo tako lako i brzo, niti su ti kvantitativni izrazi bili toliko konkretni i sigurni kao kod prirodnih i tehničkih nauka. to je i bio razlog za dugotrajno zanemarivanje doprinosa društvenih nauka u privrednom životu.

Dakle, društvene nauke se nisu slučajno kasnije pojavile i sporije razvijale. Razlog za to je moguće objasniti realnim mogućnostima prirodnih i tehničkih nauka da svoje uspehe zorno predstavljaju čovečanstvu. I prirodne, a i tehničke nauke su mogle svoje rezultate jasno, "objektivno" predstaviti društvu kao jedini mogući put dalje humanizacije ljudskog društva, sveta. Treba se samo setiti postignutih proizvodnih uspeha u poljoprivredi putem genetskog inženjeringa, ili mamutskog razvoja vasijske tehnike i tehnologije. Rezultat ovih uspeha je doveo do razmaha industrijalizacije i čvršćeg utemeljenja danas još vladajućeg sistema industrijskog društva.

Ovakav razvoj dovodi čoveka i društvo u situaciju da sa dozom straha gleda u budućnost, ukoliko nije spreman da sve meri brojkama i prihvati stav da veće brojke predstavljaju poželjnu perspektivu daljeg društvenog razvoja. Kao neprikosnoveni prvaci društveno-ekonomskog razvoja, razvijenija društva (njihova istorija, evidentni uspesi, itd.) se navode kao **nezaobilazni** primer koji valja da slede i manje razvijene ili nerazvijene zemlje.

Uticaj ove logike je toliko jak da je i u onim naukama koje su se kasnije pojavile (jer se i potreba za njima javila u kasnijem društvenom razvoju) nametnula metoda prirodnih i tehničkih nauka. Sen Simon je tako govorio o socijalnoj fizici, a Ogist Kont o pozitivističkoj uspostavljenosti ljudskog društva. Društvene nauke, ni dan danas, nisu uspele da se oslobode ovih tendencija. I danas se, najčešće, sve pokušava, **isključivo**, kvantitativno definisati, uz zanemarivanje ljudskog, humanog aspekta, a sa željom da se i on prikaže jezikom "objektivnih" (numeričkih) pokazatelja.

Imajući sve u vidu, jasno je da je ovakvo globalno ljudsko usmerenje lako moglo, do sada (ili bar do nedavno) da potvrdi pozitivna stremljenja nosilaca buržoaske revolucije u borbi protiv teologiziranog posmatranja sveta. Na žalost, u toj borbi čovečanstvo, postojeće ljudsko društvo je napravilo lošu procenu strategije. Postalo je jasno da, barem s aspekta humanizma, kvantitativni zahtev po sebi više nije dovoljan. Više se ne može zanemariti i kvalitativni aspekt, što je u domenu društvenih nauka.

Prvi dokaz za razumevanje ovog problema je pojava raznih teorija koje govore o, ili predviđaju pojavu ili nastajanje postindustrijskog društva. Tu se, makar i stidljivo, jasno ukazuje na to da puki brojčani pokazatelj rasta ili pada, po sebi ne nosi rezervisanu, pozitivnu, ili negativnu ocenu, što se bar ljudskog bitka tiče.

Tek sredinom prošlog veka i to narocito u industrijski razvijenim zemljama postalo je sasvim razumljivo da, pored prirodnih resursa, istaknutu ulogu igraju ljudski resursi. Mada ne lako, razvilo se razumevanje činjenice da čovek nije samo prosti dodatak tehnici ili bezlični učesnik u procesu tehnologije proizvodnje.

Savremen nivo kapital-načina proizvodnje i njegovi rezultati više se ne mogu potvrditi i pozitivno oceniti samo na osnovu kvantitativnih podataka i dokaza ni u razvijenim, niti u nerazvijenim, ili manje razvijenim zemljama. Ljudi se više ne mogu hraniti brojkama. Dostignuti nivo humanističkog razvoja ni u jednom društvu to više ne toleriše.

Pod utiskom tog saznanja posebnu pažnju dobija **upravljanje ljudskim resursima**. Naravno, tu potrebu su prva razumela i iskazala razvijenija društva.. Ona su - prirodno-prva postala svesna činjenice da iza neuspeha i grešaka ne stoji samo pogrešna i nedovoljno proverena tehnika i tehnologija, već zanemarena pažnja usmerena upravo na ljudske resurse. Kao posledica toga, prve poduhvate u naučnom sagledavanju upravljanja ljudskim resursima napravili su razvijeniji univerziteti razvijenog Zapada. Na našu žalost, kod nas je bavljenje problematikom upravljanja ljudskim resursima, još u povoju.

Zašto kod nas nauka o upravljanju ljudskim resursima toliko sporo napreduje, ili, odakle se javlja otpor prema uvodjenju i pridavanju značaja problematici menadžmenta čiji je fokus usmeren na ljudske resurse? Odgovor treba tražiti u činjenici da naše društvo, **mi**, još nismo iskoristili sve mogućnosti pozitivističkog razumevanja i tumačenja sveta. Još

smo optimističke pristalice **bezumnog** razvijanja tehnike i industrijsko-tehnoloških mogućnosti za razvoj društva. Pri tome nismo spremni za adekvatno praćenje ekološkog uticaja svega toga. Takođe smo skloni da zanemarimo činjenicu da je kulturni nivo čoveka doživelo izvanredne promene.

ZAKLJUČAK:

Što se obrazovanja budućih kadrova iz oblasti tehničkih nauka tiče, biće neophodno prevazići ona shvatanja koja su usmerena na puko kvan titativno povećanje znanja iz struke. Stručno znanje je neophodno oplemeniti znanjima koja doprinose humanizaciji tehničkog znanja, a time, i humanizaciji ljudskog bitka.

LITERATURA:

- [1] Gizela Štangel Šušnjar, Veronika Zimanji, *Menadžment ljudskih resursa*, Ekonomski fakultet, Subotica, 2005.
- [2] M. Haralambos, M. Holborn, *Sociologija*, Golden marketing, Zagreb, 2002.
- [3] Zoran Vidojević, *Uvod u sociologiju*, Beograd, 1997.
- [4] Alvin Tofler, *Treći talas*, tom prvi i drugi, Beograd, 1983.

THESES ON THE IMPORTANCE OF HUMAN RESOURCES IN THE CONTEMPORARY WORLD

Summary: *The capital mode of production was established on the principle of criticism of the the theological concept of the world. The growth of that mode of production insisted on a quantitative progress in society. However in highly industrially developed countries, the quantitative aspect of progress became a burdon. Therefore, qualitative aspect of human life was brought into focus. It is confirmed by establishing of the discipline of human resource management.*

Key words: *mode of production, quality, quantity, positivism, human resources, management of human resaurces, management.*

KALKULACIJE U GRAĐEVINARSTVU

PRORAČUN PRAGA RENTABILNOSTI ZA IZGRADNJU OBJEKATA

Slavko M. Savić¹

UDK:330.322.54:69

Rezime: Kroz ovaj rad bit će dat kratki prikaz proračuna praga rentabilnosti za izgradnju stambenog prostora na dve komparativne lokacije. Prva se nalazi u gradskoj zoni grada Beograda a druga u prigradskom naselju Barajevo. Prag rentabiliteta kao što je poznato izražava minimaln prihvatljivu količinu (obim) proizvodnje za postizanje neutralnog finansijskog rezultata. Ispod te tačke je zona gubitka, a iznad zona dobitka. Za proračun praga rentabilnosti potrebno nam je nekoliko važnih podataka kao što su: Poslovni prihod a koji dobijamo preko naše prodajne cene proizvoda izražene u različitim jedinicama mere kao što su m³, m², m, kg itd, u kojima je sadržana dobit firme odnosno profit, Fiksni troškovi koji se pojavljuju kao konstantna veličina bez obzira na obim proizvodnje i Varijabilni troškovi koji su u funkciji proizvodnje. I na kraju kao po pravilu se pojavljuju indirektni troškovi koje iskazujemo preko faktora preduzeća ili preko menadžer faktora.

Ključne reči: Kalkulacije, rentabilnost, kontrola troškova, ponuda

1. UVOD- PROJEKTOVANJE ELEMENATA CENE

Kroz dugogodišnji rad u građevinskoj operativi (preko 20) godina i na poslovima planiranja, budžetiranja, izradi ponuda i praćenju kontrole troškova, razvio sam kompjuterski program za kalkulacije u građevinarstvu a koji u osnovi leži na radnim operacijama. U svakoj radnoj operaciji koja je u funkcionalnoj vezi sa tehnologijom izgradnje moguće je isprojektovati elemente cene. Kod projektovanih elemenata cene u svakom trenutku je moguće vršiti intervenciju i modifikaciju a sve u svrhu minimalizacije troškova građenja. Radna operacija kao nosilac cene koštanja u svakom tehnološkom postupku sadrži u sebi četiri grupe troškova koji su modularno povezani u jednu celinu a to su: rad, materijal, oprema i indirektni troškovi. Spajanjem radnih operacija koje po svom tehnološkom redosledu dolaze jedna posle druge, formiramo prodajnu cenu našeg proizvoda po m³, m², m, kg, itd.. Program je ambiciozno postavljen, da pokrije kompletno polje Cost Engineering-a. Atipičan je u odnosu na sve dosadašnje programe koji se javljaju na našem podneblju i zasnovan je na radnim operacijama u koje su uključeni resursi: iskustveni normativi rada radnika i mašine, cena rada radnika i mašine, cena materijala za konkretni Projekat kao i svi indirektni troškovi koji se iskazuju kroz faktor preduzeća ili menadžer faktor.

¹ Slavko M. Savić, dipl inž građ., Hidrotehnika-Hidroenergetika, Beograd Braće Krsmanovića 13, tel: 182461 e-mail: slavkos@yubc.net

2. KRATAK OPIS STAMBENOG OBJEKTA

Menadžment firme Hidrotehnika-Hidroenergetika donio je poslovnu odluku da za potrebe rešavanja stambenog problema svojih iznemoglih i penzionisanih radnika izgradi 2 stambena objekta u prigradskoj opštini Barajevo zbog vrlo malih troškova uređenja zemljišta. Zemljište na kome je predviđena izgradnja objekata je u vlasništvu firme i na njemu već 20 godina postoji privremeno naselje sa svom pripadajućom infrastrukturom tako da je to još jedan razlog, jer su izbegnuti troškovi infrastrukturnog opremanja.

Zakupnina i nadoknada za gradsko građevinsko zemljište koja se plaća u opštini Barajevo je zanemarljiva u odnosu na grad Beograd i to je bio još jedan dodatni razlog da se firma opredeli za izgradnju navedenih objekata.

Podela površina (sadržana u projektnoj dokumentaciji) prema klasifikaciji zavoda za izgradnju grada				
r.b	Klasifikacija prostora	Neto površina (m ²)		Ukupno (m ²)
		Objekat 1	Objekat 2	
1	Objekti društvenog standarda			
2	Stambeni objekti	1.943,5	1.717,0	3.660,5
3	Privredno proizvodni objekti	0,0	0,0	0,0
4	Poslovno uslužni objekti	0,0	0,0	0,0
5	Poslovno komercijalni objekti	618,2	727,0	1.345,2
6	Individualni stambeni objekti	0,0	0,0	0,0
	UKUPNO	2.561,7	2.444,0	5.005,7

Broj jedinica:
-stanovi: 93
-gar./posl. 43

Struktura:
-garsonj. 37%
-1-sobni 22%
-2-sobni 19%
-zajed.pr. 16%
-lokali 6%

3. TROŠKOVI IZGRADNJE OBJEKATA

Objekti u opštini Barajevo

Projektom rešenjem predviđena su dva objekta spratnosti P+2, tlocrtnih dimenzija 45/18m. Ukupne neto površine 5005.7m². Predviđena je AB skeletna konstrukcija sa spoljnim zidovima od blok cigle 25cm + 8cm termike + fasadna cigla a unutrašnje pregrade od ciglastih materijala. Za izgradnju objekta angažovana je vlastita radna snaga, odnosno tehnološki višak radne snage koji se često pojavljuje zbog diskontinuiteta poslova

Objekti u Beogradu

Zbog uporedivosti podataka dve lokacije i njihove jasnije komparativnosti u proračun je uzeto isto projektno rešenje sa istom organizacionom strukturom firme i istom radnom snagom što znači i sa istim učincima po jedinici proizvoda. Drugačije kazano da troškovi izgradnje ostaju u potpunosti isti samo se menja lokacija i troškovi koji su vezani za uređenje gradskog građevinskog zemljišta u Beogradu.

4. TROŠKOVI UREĐENA GRAĐEVINSKOG ZEMLJIŠTA

Za propačun troškova uređenja gradskog građevinskog zemljišta korišteni su važeći propisi koji regulišu ovu oblast: sl.list grada Beograda 2/2004;12/2004 i odluke opštinskog organa Barajevo kao i participacije koje se placaju JKP.

5. TABELARNI PRIKAZ ZAKUPNINE I NADOKNADE ZA ZEMLJIŠTE U OPŠTINI BARAJEVU I GRADU BEOGRADU

Rb	Pozicija troška	količina	€/jedinica mere		Ukupno (€)	
			Barajevo	Beograd	Barajevo	Beograd
1	Pribavljanje zemljišta (zakupnina na 99 godina)					
1.1	-Stambeni prostor	3.660 m2	0,0	44,6 €/m ²	0,0	163.258,2
1.2	-Poslovni prostor	1.345m2	0,0	180,4 €/m ²	0,0	242.679,6
1.3	-Parking prostor	125,0 m2	0,0	49,7 €/m ²	0,0	6.212,5
2	Naknada za uređenje zemljišta					
2.1	-Stambeni prostor	3.660 m2	3,1 €/m ²	225,0 €/m ²	11.347,5	823.612,1
2.2	-Poslovni prostor	1.345 m2	6,2 €/m ²	303,8 €/m ²	8.340,4	408.681,0
2.3	-Parking prostor	125,0 m2	6,2 €/m ²	250,8€/m ²	775,0	31.350,0
3	Naknade koje se ugovaraju sa JKP					
3.1	-Grejanje- stanovi	3.660 m2	24 €/m ²	24 €/m ²	87.852,0	87.852,0
3.2	-Grejanje -poslovni	1.345 m2	36 €/m ²	36 €/m ²	48.428,3	48.428,3
3.3	-Elektrika-po stanu	93 stana	690 €/stan	690 €/stan	64.170,0	64.170,0
3.4	-Elektrika-poslovni	252 kW	85 €/kW	85 €/kW	21.420,0	21.420,0
3.5	-TT mreža - stanovi	93 stana	300 €/stan	300 €/stan	27.900,0	27.900,0
3.6	-TT mreža-posl.	43 posl.p	200 €/stan	200 €/stan	8.600,0	8.600,0
4	Sklonište, parking,	5.013 m2	5,7 €/m ²	0,0	28.576,0	28.576,0
5	Tr. infras.u naselju	5.000 m2	3,0 €/m ²	0,0	15.000,0	15.000,0
	UKUPNO	5.005 m ²	64,4 €/m ²	395,1 €/m ²	322.409	1.977.739

6. TROŠKOVI IZGRADNJE OBJEKTA

Metodologija formiranja jediničnih cena

Zbog ograničenosti prostora u ovom radu neće biti prikazana metodologija projektovanja i formirana elemenata cene i njenih resursa kao što su rad, materijal, oprema (građevinske mašine) i indirektni troškovi. U ovom primeru bit će dati samo rekapitulativni podaci po vrstama radova odnosno po njihovim nosiocima troška iskazani na m² neto površine.

r.b	Matrica radova	€/m ²	Barajevo (€)	Beograd (€)
1	Beton MB 30	95,9	Bruto površina objekta je 6.177,0 m ²	Bruto površina objekta je 6.177,0 m ²
2	Opekarski proizvodi	77,0		
3	Podovi	63,9		
4	Zidovi	16,1		
5	Plafoni	10,7		
6	Stolarija	29,6		
7	Krov	15,0		
8	Inženjerski sistemi u objektu	123,2	Neto površina objekta je 5.005,7m ²	Neto površina objekta je 5.005,7m ²
8.1	-Vodovod i kanalizacija	10,0		
8.2	-Sanitarna tehnika	15,0		
8.3	-Elektro radovi	20,0		
8.4	-Grejanje	30,0		
8.5	-Telefon/TV	10,0		
8.6	-Projektna dokumentacija	4,0		
8.7	-Investitorski troškovi			
9	Uređenje terena/hortikultura	6,1		
		Σ	2.159.656 €	2.159.656 €
	Ukupni troškovi izgradnje	431,4 €/m ²	431,4 €/m²	431,4 €/m²
	Troškovi zakupa i nadoknade		64,4 €/m²	395,1 €/m²
	Dobit (za Barajevo 10% ,Bgd. 17%)		54,2 €/m²	173,5 €/m²
	Prodajna cena (€/m²)		550,0 €/m²	1000,0 €/m²

7. GRUPISANJE TROŠKOVA NA FIKSNE I PROPORCIONALNE

Zbog ograničenosti prostora za objašnjenje metodologije i podele troškova na fiksne i proporcionalne u ovom primeru bit će obrađene osnovne grupe troškova i njihovi nosioci kao što su: Uređenje zemljišta koje po svom karakteru spada u fiksne troškove i troškovi izgradnje objekta koji su računati metodom DirecCosting i u velikom procentu čine proporcionalne troškove koji su vezani za proizvodnju.

Fiksni troškovi

Troškovi uređenja gradskog građevinskog zemljišta koji se pojavljuju u svom punom iznosu su fiksni troškovi mada nisu oni sami jer se kao fiksni troškovi pojavljuju određene grupe troška koji su sadržani u jediničnoj ceni kao što su amortizacija

građevinske opreme, ili dio troška koji je sadržan u faktoru preduzeća (ili menadžer faktoru) kao što je jedan deo režiske radne snage (čuvarska služba, društvena ishrana, mehaničari ,bravari osiguranje, kamate na kredite itd...). S'obzirom na ograničenost prostora u ovom radu i da su ovi troškovi procentualno mali u odnosu na ostale troškove neće uticati na izvođenje zaključaka po pitanju određivanja praga rentabilnosti.

Proporcionalni troškovi

Proporcionalni troškovi vezani su za obim proizvodnje odnosno u ovom slučaju za količinu stambenog prostora iskazanog u neto površini (m²).

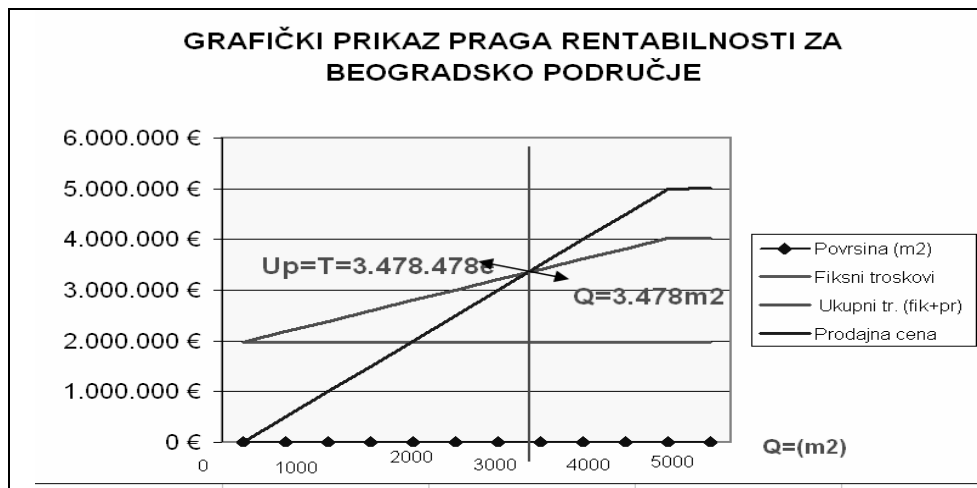
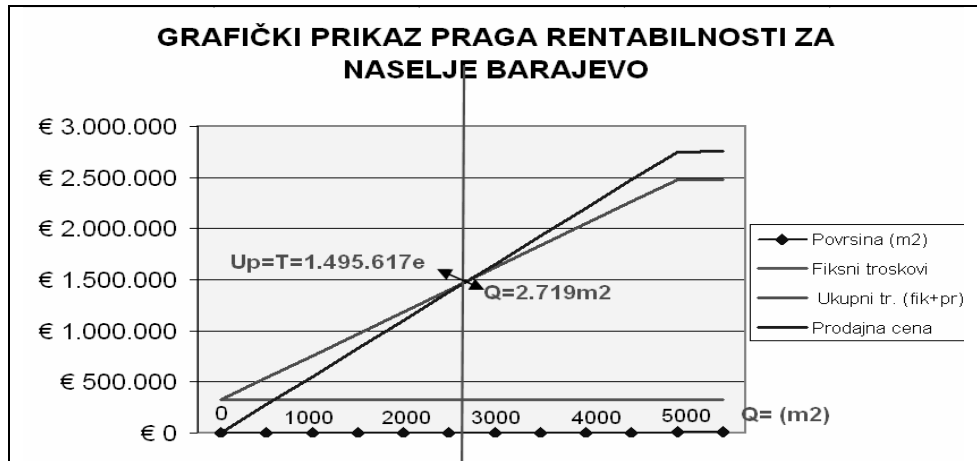
Prodajna cena

Primenjena metodologija formiranja jediničnih cena (direc costing) obuhvatila je sve troškove i na te troškove dodata je dobit (profit). Prodajna cena iskazana je u € po m² neto površine . Izjednačavanjem $U_p=T$ (ukupnog prihoda i ukupnih troškova) i ršavanjem linearne jednačine doazimo do minimalno prihvatljive količine ili Praga rentabilnosti

Tabelarni prikaz troškova za dve lokacije

Lokacija: Barajevo				Lokacija: Beograd		
Povrsina (m ²)	Fiksni troškovi (€/m ²)	Ukupni tr. (fik+pr) (€/m ²)	Prodajna cena (€/m ²)	Fiksni troškovi (€/m ²)	Ukupni tr. (fik+pr) (€/m ²)	Prodajna cena (€/m ²)
1	322.409	322.840,7	550,0	1.977.740	1.978.149,	1.000,0
500	322.409	538.127,6	275.000,0	1.977.740	2.182.672,	500.000,0
1000	322.409	753.846,0	550.000,0	1.977.740	2.387.604,	1.000.000,
1500	322.409	969.564,5	825.000,0	1.977.740	2.592.537,	1.500.000,
2000	322.409	1.185.282,	1.100.000,	1.977.740	2.797.469,	2.000.000,
2500	322.409	1.401.001,	1.375.000,	1.977.740	3.002.402,	2.500.000,
3000	322.409	1.616.719,	1.650.000,	1.977.740	3.207.334,	3.000.000,
3500	322.409	1.832.438,	1.925.000,	1.977.740	3.412.267,	3.500.000,
4000	322.409	2.048.156,	2.200.000,	1.977.740	3.617.199,	4.000.000,
4500	322.409	2.263.874,	2.475.000,	1.977.740	3.822.132,	4.500.000,
5000	322.409	2.479.593,	2.750.000,	1.977.740	4.027.064,	5.000.000,
5005,7	322.409	2.482.064,	2.753.150,	1.977.740	4.029.412,	5.005.728,

PRORAČUN PRAGA RENTABILNOSTI		Lokacija	
		Barajevo	Beograd
U_p - Ukupan prihod	$U_p=T: Q*C=\sum F_t+Q* P_t$		
T- Ukupni troškovi	$Q=\sum F_t/(C-P_t)$	$U_p=T$ 1.495.616,7 €	3.478.487,1 €
Q- Prag rentabilnosti ili min. prihvatljiva kol.	$\sum F_t=$	322.409 €	1.977.739,7 €
C- Prodajna cena po jedinici proizvoda	$P_t=$	431,4 €	431,4 €
P_t Proporcionalni trošak po jedinici proizvoda	$C=$	550,0 €	1.000,0 €
$\sum F_t$ - Ukupni fiksni troškovi	$Q=$	2.719,3 m2	3.478,5 m2



CONSTRUCTION COSTING CALCULATION OF RENTABILITY THRESHOLD FOR BUILDING CONSTRUCTION

Resume: This presentation will provide a short review of estimate for low threshold of profitability related to construction of two residential buildings on different locations. The Design for both buildings is identical, and locations are in Belgrade and Barajevo (Suburb of Belgrade). Threshold of profitability, as commonly known, is product cost equal to sales value, below is loss and above is profit or gain. For calculation of threshold of profitability, we require the following important information: Estimate Revenue – this information is usually calculated from unit price of construction cost estimate. Unit price include overhead and profit for subcontractor, who will furnish this part of work. Fixed expenses – cost is the same and is not affected by volume of production. Variable expenses – cost depending of volume of production. And, at the end, General Expenses, this cost we will present as „Factor of company” or „Management Factor”

Key words: Estimate, profitability, Cost Control, Tender or Proposal.

UPRAVLJANJE POSTUPKOM ZA DOBIJANJE ODOBRENJA ZA IZGRADNJU

Segedi Atila¹
Vujičić Dragana²

UDK: 351.778.511

***Rezime:** Postupak dobijanja dozvola za izgradnju je složen proces i zajedno sa vremenom za izradu kompletne tehničke dokumentacije za izgradnju objekta zahteva određeni vremenski period, koji može čak da premaši (i višestruko) vreme koje je potrebno za samu fizičku izgradnju građevinskog objekta. Rad se bavi konkretizacijom vremenske dinamike dobijanja dozvola i međusobnim odnosom istih, sa ciljem da se realnije mogu sagledati i optimalnije usaglasiti vremenski planovi i zahtevani rokovi izgradnje.*

***Ključne reči:** odobrenje za izgradnju, postupak dobijanja odobrenja, vremenski dinamički planovi*

1. UVOD

Zakonski akt [1] uređuje i određuje postupke i dokumente čiji je kranji dokument odobrenje za izgradnju. U radu se obrađuje postupak važeća na teritoriji opštine Subotica za građevinske objekte koji spadaju u nadležnost opštinske uprave, odnosno samo deo investicione dokumentacije koja se odnosi na dobijanje dozvola i urbanističkih rešenja, ne ulazeći detaljnije u formalno pravni postupak i finansijsku konstrukciju za dobijanje dozvola za izgradnju.

Polazni osnovni dokument je idejni arhitektonski projekat i ugovor o izgradnji tehničke dokumentacije.

2. ELEMENTI POSTUPKA ZA AKT O URBANISTIČKIM USLOVIMA

Akt o urbanističkim uslovima (aktivnost br. 8) se dobija u Službi za građevinarstvo opštine Subotica, njime se utvrđuju urbanistički uslovi za izgradnju infrastrukture. Zakonski rok za dobijanje ovog akta je 30 dana. On prestaje da važi po isteku 6 meseci od dana izdavanja ukoliko u tom roku investitor ne podnese zahtev za izdavanje odobrenja za izgradnju.

Za Akt o urbanističkim uslovima je potrebno:

¹ Mr. Segedi Atila dipl.inž.građ., asistent, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel.: ++ 381-24-554-300, e-mail: atyi@gf.su.ac.yu

² Vujičić Dragana dipl.inž.građ. tel: ++ 24 -559-808

- z.k. izvod parcele, odnosno njegova fotokopija (ne vadi se dva puta), za odobrenje za izgradnju se predaje original, a za Akt fotokopija (1).

- kopija plana (2),

- Idejni ili glavni građevinsko – arhitektonski projekat (3).

Sastavni deo ovoga Akta su saglasnosti i uslovi:

- EPS " Elektrovojvodina " ED Subotica, dobija se u " Elektrovojvodini " (4),
- " Telekom Srbija ", JPPTT saobraćaja Srbija (5),
- JP " Subotička Toplana " (6),
- JKP " Vodovod i kanalizacija ", vadi se u JP " Vodovod i kanalizacija " (7),
- odnosno sva javna preduzeća sa kojima se ukrštaju instalacije.

Ta preduzeća ukoliko je potrebno pri davanju saglasnosti mogu postavljaju i uslove (tehničke, opšte i posebne).

Za dobijanje svake od ovih saglasnosti pod optimalnim uslovima čeka se između 10 i 15 dana. Zahtevi za odobrenje saglasnosti predaju se svi u isto vreme, odnosno istog dana.

Podnosilac zahteva za vodovod i kanalizaciju može biti samo JP " Vodovod i kanalizacija ", investitor ne .Isto važi i za sve ostale saglasnosti – podnose ih javna preduzeća (Elektrovojvodina, Toplana, PTT), a ne investitor. Zatim sledi projekat i traži se dozvola.

Akt o urbanističkim uslovima se zahteva takođe u Službi za građevinarstvo (Gradska kuća).

3. ELEMENTI POSTUPKA ZA ODOBRENJE ZA IZGRADNJU

Za odobrenje za izgradnju (29) podnosi se: Zahtev za odobrenje, sa sledećim pratećim dokumentima:

- Akt o urbanističkim uslovima (8) ,
- izvod iz zemljišne knjige za sve parcele preko kojih prelazi trasa - vadi se u sudu sa čekanjem od tri dana (9),
- kopija plana Republički Geopodetski Zavod – (u gradskoj kući – soba 224) , na koju se takođe čeka tri dana (10),
- saglasnost vlasnika parcela – za jedan dan se overava u sudu (11),
- glavni ili idejni projekat vodovoda i kanalizacije – izrada traje 2 dana (12),
- glavni ili idejni projekat protivpožarne hidrantske mreže - izrada traje oko 3 dana (13),
- glavni ili idejni projekat vanjskih saobraćajnica – izrada traje oko 2 dana (14),
- glavni ili idejni projekat mašinskih instalacija – izrada traje oko 3 dana (15),

Izrada navedenih projekata se vrši u nekom od ovlašćenih projektantskih preduzeća na teritoriji opštine Subotica.

Za vodovod još treba:

- saglasnost sanitarnog inspektora, čeka su 15 dana, a za nju je nadležno Ministarstvo za zdravlje, Severno bački okrug , sanitarni inspektor, u Novoj opštini (17),
- saglasnost Severno – bačkog okruga – Nova Opština -15 dana (18),
- uplata Republičke takse kao i naknada na osnovu proračunatih vrednosti za projekat vodovoda.

Zatim sledi prijava svih radova, za koju je potrebno prikupiti saglasnosti svih komunalnih preduzeća za koja ima ukrštanja infrastrukture, što znači:

- spoljna tehnička kontrola vodovoda i kanalizacije, JP – Vodovod i kanalizacija ", čeka se 15 dana (19),
- spoljna tehnička kontrola protivpožarne i hidrantske mreže, vadi se u MUP – u , sa čekanjem od 15 dana (20),
- spoljna tehnička kontrola elektroinstalacija , dobija se u elektrovojvodini sa čekanjem od 15 dana (21),
- spoljna tehnička kontrola mašinskih instalacija, - ovlašćeni projektni biro za tehničku kontrolu – rok 15 dana (22),
- termoenergetska saglasnost Subotičke toplane, dobija se u toplani, sa čekanjem od 15 dana (23),
- tehnička kontrola glavnog projekta, predaje se u Opštini Subotica - Služba za građevinarstvo , rok je 15 dana (24).

Opisani postupak i dokumentacija su potrebni ako se radi samo o spoljašnjoj infrastrukturi , ukoliko je potrebno i za unutrašnju infrastrukturu, onda su potrebni još :

- sanitarna saglasnost, rok 15 dana, a za nju je nadležno Ministarstvo za zdravlje, Severno bački okrug, sanitarni inspektor, u Novoj opštini (25),
- mere zaštite na radu i rešenje tih mera, dobijaju se u MUP–u, sa rokom od 15 dana (26),
- saglasnost na priključke vodovoda i kanalizacije, dobija se u JP " Vodovod i kanalizacija ", sa rokom od 15 dana (27),
- termoenergetska saglasnost, dobija se u toplani, sa rokom od 15 dana (28).

Opisanu dokumentaciju je potrebno prikupiti i predati za dobijanje odobrenja za izgradnju. Zakonski rok za dobijanje odobrenja za izgradnju je 8 dana, što je i pod najoptimalnijim uslovima 10 dana , a najviše 15 dana. Odobrenje za izgradnju izdaje Služba za građevinarstvo opštine Subotica (Gradska kuća). Za svaku saglasnost potrebno je predati zahtev za izdavanje saglasnosti sa potrebnom dokumentacijom.

Odobrenje za izgradnju prestaje da važi ako građenje objekta ne počne u roku određenom u njemu.

Ukoliko investitor bude odbijen sa zahtevom za izdavanje odobrenja za izgradnju, on tada ima pravo na žalbu. Po žalbi na rešenja opštinske uprave rešava Ministarstvo AP Vojvodina po žalbi protiv prvostepenih rešenja donetih za izgradnju objekata koji se grade na njezinoj teritoriji.

Slika 1. prikazuje linijski dinamički plan postupka za dobijanje odobrenja za izgradnju.

Slika 2 prikazuje isti postupak kao mrežni plan sa međusobnim odnosnom navedenih aktivnosti.

4. PRIJAVA POČETKA IZVOĐENJA RADOVA:

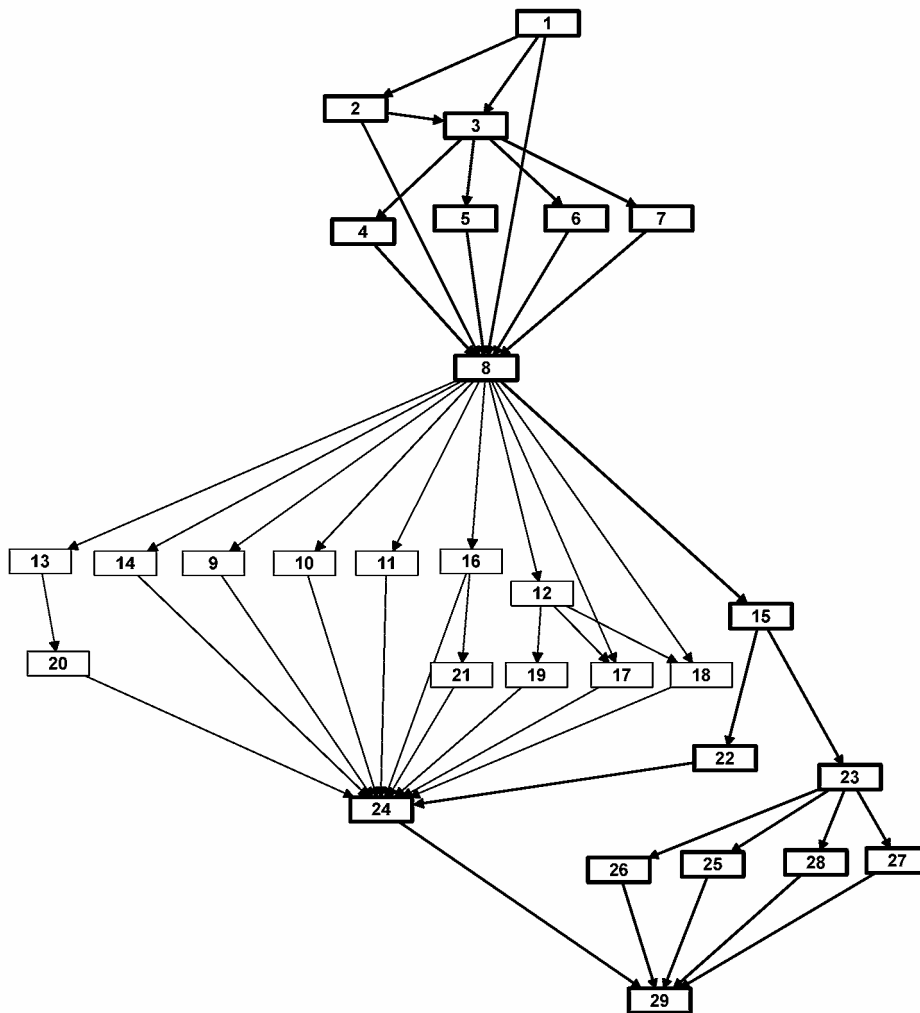
Pre početka izgradnje objekta podnosi se Opštinskoj upravi – službi za građevinarstvo prijava početka izvođenja radova.

Uz prijavu investitor podnosi:

1. glavni projekat u četiri primerka sa potvrdom i izveštajem o izvršenoj tehničkoj kontroli;

RB	Trajanje u rad.dan.	Prethakt.	KZ	Month													
				December	January	February	March	April	May								
1	3 d		05 Dec	01													
2	3 d	1	08 Dec	02													
3	10 d	1,2	22 Dec	03													
4	10 d	3	11 Jan														
5	10 d	3	11 Jan														
6	10 d	3	11 Jan														
7	10 d	3	11 Jan														
8	22 d	1,2,4,5,6,7	12 Feb														
9	1 d	8	01 Mar														
10	3 d	8	01 Mar														
11	1 d	8	01 Mar														
12	2 d	8	15 Feb														
13	2 d	8	15 Feb														
14	2 d	8	01 Mar														
15	3 d	8	15 Feb														
16	2 d	8	15 Feb														
17	10 d	8,12	01 Mar														
18	10 d	8,12	01 Mar														
19	10 d	12	01 Mar														
20	10 d	13	01 Mar														
21	10 d	16	01 Mar														
22	10 d	15	01 Mar														
23	10 d	15	01 Mar														
24	10 d	16,17,18,19,20,21,22,9,10,11,14	15 Mar														
25	10 d	23	15 Mar														
26	10 d	23	15 Mar														
27	10 d	23	15 Mar														
28	10 d	23	15 Mar														
29	8 d	24,25,26,27,28	27 Mar														

Slika 1. Linijski dinamički plan postupka za dobijanje odobrenja za izgradnju



Slika 2 Mrežni plan za dobijanje odebrenja za građenje

2. pismenu izjavu o početku građenja odnosno izvođenju radova kao i roku završetka izgradnje;
3. primerak overenog ugovora o građenju;
4. primerak odebrenja za izgradnju;
5. dokaz o uređivanju međusobnih odnosa u pogledu plaćanja naknade za uređenje građevinskog zemljišta;
6. dokaz o uplati administrativne takse opštini.

Glavni projekat podleže tehničkoj kontroli. Tehničku kontrolu može da vrši pravno lice koje ispunjava uslove za izradu tehničke dokumentacije, a ne može da je vrši odgovorni projektant koji je izgradio taj projekat. Troškove tehničke kontrole snosi investitor.

Kontrola glavnog projekta obuhvata proveru usklađenosti sa odobrenjem za izgradnju, sa predhodnim radovima, ocenu odgovarajućih podloga za temeljenje objekta, proveru ispravnosti i tačnosti tehničko – tehnoloških rešenja objekta, stabilnosti i bezbednosti, racionalnosti projektovanih materijala, uticaj na životnu sredinu i susedne objekte, usklađenost sa zakonom i drugim propisima, standardima i normama kvaliteta, kao i međusobne usklađenosti svih delova tehničke dokumentacije.

O izvršenoj tehničkoj kontroli sačinjava se izveštaj koji potpisuje odgovorni projektant, i dostavlja se Inženjerskoj komori.

5. ZAKLUČAK

Potreba za tačnim vremenskim praćenjem dobijanja potrebnih dozvola sve više dobija na značaju, jer samo usklađivanjem sa ostalim elementima u kompleksnom sistemu projektovanja i realizacije projekta može sigurnije proceniti početak vremena izgradnje objekta. Još prije početka izgradnje, potrebno je ugovoriti neke element građevinske konstrukcije, odnosno čak i početi njihovu proizvodnju, jer samo se tako može uklopiti u sve zahtevnije rokove izgradnje objekata.

LITERATURA

- [1] ZAKON O PLANIRANJU I IZGRADNJI, " Sl. glasnik RS ", br 47/2003
- [2] Segedi Atila: PRILOG UNAPREĐENJU POSTUPKA KALKULISANJA CENA U VISOKOGRADNJI, Magistarska teza ,FTN, Novi Sad, 2004
- [3] Vujičić Dragana : Izrada idejnog dinamičkog plana postupka dobijanja dozvola za izvođenje radova infrastrukture iz idejnog projekta: PODZEMNA GARAŽA ISPOD TRGA CARA JOVANANENADA, GF Subotica, 2006

MANAGING THE PROCESS FOR ATTAINING A BUILDING LICENCE

Summary: *The procedure for attaining a building licence is a complex process. Together with the time for elaborating the complete engineering documentation for construction of the project, this requires a certain period of time which can even exceed (by several times) the time necessary for the physical construction of the building itself. The paper deals with concretizing the time dynamics for attaining a building licence and the mutual relationship with the actual construction, aimed at achieving a more realistic perception and a more optimal coordination of the time plans with the requested construction deadlines.*

Key words: *building licence, procedure for attaining a licence, time schedule*

MODERNE GRAĐEVINSKE TEHNOLOGIJE ZA IZVOĐENJE SILOSA -ISKUSTVA U IZVOĐENJU ČELIČNIH SILOSA-

Szerencsés Gyula¹

UDK: 65.011

Rezime: U cilju odabira najboljeg rešenja za oblikovanje i izvođenje skladišta za žitarice, najnovije tehnologije skladištenja i relevantne metode izgradnje moraju biti dobro poznate. Celokupna investicija mora biti vođena od strane iskusnih stručnjaka.

Ključne reči: čelični silos, izgradnja, tehnologija, investicija, nadzor

1. UVOD

Područje Karpatskog basena je izuzetno pogodno za uzgoj žitarica. Evropska unija je, prepoznavši ovo, putem tendera obezbedila sredstva za izgradnju modernih interventnih skladišta za skladištenje žitarica na licu mesta. U daljem tekstu ću sažeti iskustva u izgradnji modernih čeličnih silosa.

Tipovi silosa:

- Tradicionalna horizontalna skladišta – hale
- Čelični silosi izgrađeni na AB levku
- Čelični silosi izgrađeni na AB ploči sa ventilacijom

Uslovi skladištenja:

- Skladištenje žitarica sa niskim procentom vlažnosti u cilju očuvanja kvaliteta
- Zaštićenost od prokišnjavanja i kondezacije
- Kontrolisana temperatura i vlažnost vazduha
- Mašinsko pomeranje i transport bez oštećivanja zrna
- Provetranje uduvanjem vazduha (po potrebi sa letnjim hlađenjem)
- Tačna merenja parametara i registracija rezultata ispitivanja

Zbog gore navedenih činjenica je razvijena Špansko – Mađarska tehnologija silosa za skladištenje žitarica.

2. ČELIČNI SILOSI ZA SKLADIŠTENJE ŽITARICA

Čelični silosi su kružnog poprečnog preseka od talasastog pocinkovanog lima sa spoljašnjim rebrima od pocinkovanih čeličnih profila 3000x1000x(2,5-1,5)mm i visokovrednim čeličnim spojnim elementima. Za popunu zazora se koristi specijalni vodonepropusni kit otporan na starenje i UV zračenje. Krov silosa je samonoseći kupasti elemenat sa kružnim otvorom za utovar žitarica i sa čeličnim rožnjačama za ukrućivanje.

¹ Szerencsés Gyula, dipl.ing. građ, Udvarhelyi u. 21/A, 6726 Szeged, Hungary, szerencsegy@freemail.hu

Parametri silosa su:

Prečnik: 16-17m
Visina omotača: 13,5-18m
Ukupna visina: 18,5-22m
Zapremina: 3200m³ tj. 2500t

Raspored: U proseku 4-6 silosa, 2x2 ili 2x3 paralelno ili raspoređeni u obliku V slova.

Fundiranje: Fundiranje je moguće izvesti na dva načina

1. Monolitni AB prsten sa debljinom zida od 60cm i sa dobro sabijenim nasipom i AB pločom, gde se opterećenje preko dobro nabijenog nasipa prenosi na tlo.
2. Vertikalni noseći delovi prestena se izrađuju od betonskih oplatnih elemenata. Zbog tehnologije i središnjeg servisnog tunela dva uzdužna zida i široki trakasti temelji zadovoljavajuće primaju i predaju maksimalno opterećenje od 3000t.

Zbog vrste tehnologije, silosi su osetljivi na opterećenje od vetra kada su prazni.

Tehnološki elementi:

- Za utovar žitarica služi AB element koji je pokriven čeličnim rešetkastim nosačem i lančana pokretna traka.
- Motorni separator sa upravljačkim sistemom
- Utovarivač-lančana pokretna traka
- Ventilacioni pod sa posebnim metalnim „škrigama“ cca 20m² po silosu
- Mobilni ventilator za provetravanje 20kW
- Uređaj za istovar žitarica koje se ne mogu gravitaciono istovariti
- Tranzitni silos od 60m³ koji služi za sušenje i predskladištenje
- Bočni otvori za gravitacioni istovar žitarica
- Upravljačka jedinica za rukovanje mašinama za sušenje

Za montažu gore navedene tehnologije postoje dva načina:

1. Na izvedene temelje se montira kupasti element i delovi prstena. Na čeličnim stubovima za ukrućenje se obezbeđuju površine za dizanje. Na tim površinama za dizanje sa ručnim čekrcima se podiže za jednu visinu prstena. Za podignutu visinu, montira se sledeći prstenasti element. Nakon toga se postupak ponavlja sve do zadnjeg elementa kada se montira podni element koji se tada fiksira. Pomoćne skele u obliku slova „A“ se oslanjaju na tlo a monter se nalaze sa dve strane na skelama koje su postavljene na AB ploču. Ukoliko je brzina vetra 55-60 km/h onda se montaža zaustavlja a polugotova konstrukcija se unapred određenim tačkama fiksira.
2. Od prethodne nešto modernija montažna tehnologija je da se montaža elemenata započne pored temelja na gradilištu, time ne čekajući potrebno vreme za vezivanje AB prstena. Gotovi montažni elementi se tada podižu i smeštaju na mesto sa kranom od 120t. Uz potrebne mere opreza, ovaj način montaže je lakši i brži od prethodnog tako da se za 24 sata može montirati jedan silos. Vodonepropusnost se postiže betoniranjem na licu mesta.

Investiciona iskustva:

1. Jedno od najbitnijih elemenata je geotehnički elaborat, jer različito sleganje 6 silosa može izazvati neželjene deformacije u konstrukciji.
2. Projektant treba da prilagodi dobro poznatu tehnologiju skladištenja žitarica lokalnim uslovima.
3. Temelje je poželjno izgraditi na bušenim šipovima.
4. Nasipanje je potrebno nabijati sa izuzetnom pažnjom po slojevima
5. Sva čelična konstrukcija treba da je pocinkovana, farbanje čeličnih elemenata nije dozvoljeno
6. Montažu može da uspori slojevito nabijanje nasipa i konstantno merenje
7. Pre donošenja odluka potrebno je detaljno upoznati se sa tehnologijom
8. Otvor za utovar je potrebno zaštititi od kiše
9. Potrebno je raditi sa izvođačima koji imaju dovoljno iskustva u ovakvim tehnologijama ili su već izvodili slične objekte
10. Nadzor, također može samo onda kvalitetno obavljati svoju funkciju ako je dobro upoznat sa tehnologijom
11. EU je svojom direktivom zacrtala da se u toku izvođenja mora svaka faza dobro dokumentovati i da je potreban stalni nadzor.

3. FOTODOKUMENTACIJA



Slika 1. Tradicionalna skladišta



Slika 2. Oplatni elementi



Slika 3. AB ploča



Slika 4. Montaža kupole



Slika 5. Ručno podizanje



Slika 6. Podizanje kranom od 120t



Slika 7. Nabijanje nasipa



Slika 8. Ugradnja betona



Slika 9. konstruktivni elemenat



Slika 10. Gotov silos

MODERN ENGINEERING TECHNOLOGIES FOR STEEL SILOS CONSTRUCTION -EXPERIANCES IN STEEL SILOS CONSTRUCTION-

***Summary:** In order to choose the best solution during the design and/construction period of grain elevators, the latest technologies of storage, and the relevant construction methods have to be known. The whole investment has to be directed by experienced people.*

***Key words:** steel silo, construction, technology, investment, supervision*

MENADŽMENT ZNANJEM

Milan Stamatović¹

UDK: 005.94

Rezime: Poslednja decenija prošlog veka će ostati upamćena po procesu prelaska s privrede zasnovane na prirodnim resursima na privredu zasnovanu na intelektualnoj imovini. Privreda zasnovana na znanju je realnost. Novi informacioni sistemi su omogućili pojavu nove menadžerske oblasti poznate kao menadžment znanjem (engl. Knowledge Management – KM). Jednostavno rečeno menadžment znanjem omogućava menadžerima na raznim strukama i nivoima upravljanja da znaju šta znaju, da koriste ekspertsku znanja unutar organizacije i čine sve da to primene na sve poslove svojih klijenata.

Osnovni problem sa kojim se susrećemo u postavljanju sistema za menadžment znanjem jeste da se zaposleni motivišu, da stave na raspolaganje svoja znanja, da se ohrabre da ih upotrebe i slobodno bez straha podele sa kolegama u organizacije. Neophodno je razviti sistem za menadžment znanjem kako bi se koristila vlastita intelektualna imovina, intelektualni kapital, dragoceno znanje zaposlenih. Kada se organizacija upusti u proces menadžmenta znanjem znači da počinje da shvata vrednost svoje intelektualne imovine koja je moramo da priznamo teško merljiva, a još manje opipljiva.

Ključne reči: Menadžment znanjem , proces, intelektualna imovina

IZVOD

Poslednja decenija prošlog veka će ostati upamćena po naglom razvoju informacionih tehnologija. Novi informacioni sistemi su omogućili pojavu nove menadžerske oblasti poznate kao upravljanje znanjem (engl. Knowledge Management – KM). Jednostavno rečeno menadžment znanjem omogućava menadžerima na raznim nivoima upravljanja da upotrebom sopstvenog i korišćenjem svih ostalih ekspertskih znanja unutar organizacije uspešno rešavaju probleme svojih klijenata.

Osnovni problem sa kojim se susrećemo u postavljanju sistema za menadžment znanjem jeste da se zaposleni motivišu, da doprinesu, stave na raspolaganje, svoja znanja, da se ohrabre da ih upotrebe i slobodno bez straha podele sa kolegama u organizaciji. **Neophodno je razviti sistem za upravljanja znanjem** kako bi se koristila vlastita intelektualna imovina, intelektualni kapital, dragoceno znanje zaposlenih. Kada se organizacija upusti u proces menadžmenta znanjem znači da počinje da shvata vrednost

¹ Prof.dr Milan Stamatović, Fakultet za preduzetnički biznis, Beograd, Cara Dušana 62-64

svoje intelektualne imovine koja je, moramo da priznamo, teško merljiva, a još manje opipljiva.

UVOD

Reinženjering organizacija tokom osamdesetih i devedesetih godina prošlog veka doveo je do reorganiziranja mnogih organizacija na svetskom tržištu. Nepisano je pravilo da sve organizacije koje su lideri na tržištu uđu u proces reinženjeringa da bi ostali lideri, a kompanije koje su pred stečajem ulaskom u proces reinženjeringa izbegnu stečaj. Isto je pravilo važno i za neprofitne, nevladine organizacije, reinženjering ili gašenje. U okviru procesa reinženjeringa prvenstveno se poklanjala pažnja reinženjeringu sektora informacionih tehnologija (IT). Sa sigurnošću možemo reći da su zahrebi procesa reinženjeringa doveli do pojave prvih **intranet organizacijskih mreža** (1).

Među prvim intranet mrežama koje su nastale još davne 1994. godine je i korporacijska unutrašnja mreža izgrađena za potrebe neprofitne Vlade organizacije SAD čiji su klijenti bili Ministarstvo odbrane, Savezna vazduhoplovna uprava, Unutrašnja služba prihoda i obaveštajne službe. Cilj nastale mreže je bio menadžment znanjem u interesu klijenata. Početak je bio neizvestan, a cela mreža je u početku ličila na veliki imenik sastavljen iz sledećih delova:

- Kadrovskog imenika zaposlenih i onih koji su u proteklih dvadeset godina konkurisali za rad u gore pomenutim agencijama, profesionalnim biografijama, kontaktima, sistemom zakazivanja i lociranja ugovorenih sastanaka.
- Biblioteke studija slučaja, tj. iskustvenog skladišta znanja.
- Razne analize o poboljšanju efikasnosti u raznim oblicima bez ikakve definisane selekcije.
- Baze projekata koji su u toku.

Na samom početku jasno je bilo da menadžment znanjem ne odgovara intelektualnim feudima koji su negovani u nefleksibilnoj organizaciji i živeli na staroj slavi uz stalno razvijanje neproduktivnog unutrašnjeg rivaliteta. Međutim, intelektualni feudi su otišli u istoriju, a nastala je nova organizacija sa bazom zajedničkog znanja i intelektualne saradnje(2).

Pomenuta neprofitna Vlada organizacija na početku teksta, postala je izuzetno profitabilna smanjenjem operativnih troškova, većom produktivnošću zaposlenih i izbegavanjem dodatnih troškova. Širenjem baze znanjem rešavani su ekspertski problemi. Ekspertize koje su enormno skupe, mnogo brže i efikasnije su realizovane u okviru matične organizacije uz smanjenje troškova koji su često bili nepredvidivi.

1. DEFINICIJA POJMA SISTEMA MENADŽMENTA ZNANJEM

Menadžment znanjem je kontinuirani upravljački proces koji pomaže organizacijama (obuhvaćene su i škole, fakulteti, bolnice, crkva i td.) da prepoznaju,

izmere vrednost intelektualnog kapitala kojim raspolažu, planiraju, organizuju, upravljaju i naravno kontrolišu (definicija menadžmenta) važne informacije i iskustvo dopunjeno obrazovanjem koje predstavlja memorijski kod svake organizacije, ali nije deo postojeće strukture pravilnika i procedura. Da bi jedna organizacija bila uspešna, znanje kao resurs - nematerijalizovani oblik kapitala mora da se distribuira među zaposlenima, kao **4P** poslovna koncepcija marketing miksa roba ili usluga (proizvod – **p**roduct, prodajna cena – **p**rice, distribucija i prodaja – **p**lace i promocija – **p**romotion), a sve to uokvireno u sistem menadžment znanjem (KMS - Knowledge Management System).

Stalno se postavlja pitanje, šta je znanje? Odgovor je jednostavan: **znanje je informacija** koja ima koristan sadržaj, relevantna je, iskustveno je proverena i čijom se primenom postiže rešavanje problema. Tokom vremena informacije se akumuliraju, većina propada, zastareva, a znanje je po prirodi dinamično i raste. Vrlo često se pojam intelektualni kapital vezuje za znanje i na ovakvom povezivanju insistiraju brokerski mešetari, što je u suštini tačno (3).

Sve šeeće ugovori o radu sadrže klauzule konflikta interesa koje zabranjuju biznis profesionalcima da se bave delatnošću firme u kojoj su predhodno radili na određeni vremenski period, jer se smatra da mogu sa sobom da ponesu pri prelasku u novu firmu intelektualni kapital stare firme. Jedan od ključnih ciljeva menadžmenta znanjem jeste da se zadrži iskustvo i znanje, koji lako i brzo mogu da napuste organizaciju.

U literaturi srećemo više pokušaja da se po ugledu na već pomenut marketing miks 4P izvrši **kapitalizacija znanja** i dobiju određene karakteristike i to:

- Izuzetna moć uticaja i povećanje kapitala.
- Usitnjavanje ili rasipanje i potreba da se održi.
- Diskutabilna vrednost.
- Nesigurna vrednost zajedničkog korišćenja.

Zemlje sa ekonomijom u tranziciji, kao što je naš slušaj, nisu spremne da investiraju u sistemske projekte menadžmenta znanjem, bez obzira da li se projekti odnose na neprofitne ili profitne organizacije, mada se sa sigurnošću može reći da profit ne bi izostao.

2. STRUKTURA SISTEM MENADŽMENTA ZNANJEM

Cilj upravljanja znanjem jeste kontinuirani reinženjering poslovnih procesa organizacije.

U literaturi srećemo četiri podsistema menadžmenta znanjem, i to:

- Projektovanje i izgradnja skladišta znanja.
- Unapređivanje distribucije znanja.
- Optimizacija okruženja znanja.
- Upravljanje znanjem kao proizvodom.

Ciklus menadžmenta znanjem se kontinuirano obnavlja kao posledica promene okruženja u funkciji vremena. Znanje se mora osvežiti da bi rezultiralo u motornu snagu promena poslovnih procesa organizacije. Ciklus se odvija na sledeći način:

- Stvaranje znanja. Znanje se stvara zahvaljujući samoj organizaciji, akumulirano znanje i iskustvo, a ponekad i outsorsingom, što sve češće postaje lakši vid stvaranja znanja.
- Skladištenje znanja. Na ovaj način znanje postaje dostupno, lako i jednostavno se distribuira svim zainteresovanim u organizaciji. Kontinuiranim pretraživanjem skladišta zaposleni postaju sve više svesni komparativne prednosti kodifikacije i skladištenja znanja.
- Akumulacija znanja. Novo znanje se mora identifikovati kao dragoceno i predstaviti na razuman način.
- Upravljanje znanjem. Kodiranje znanja omogućava izradu standarda koji omogućavaju stalnu kontrolu istog sa ciljem provere relevantnosti. Korektivne akcije su takođe deo ovog ciklusa.
- Distribucija znanja. Kao što smo već pomenuli znanje treba posmatrati kao proizvod koji kroz kanale distribucije treba da optimalno stigne do korisnika, u funkciji vremena i mesta.

3. FORMIRANJE I PRIMENA STRATEGIJA SISTEMA ZA MENADŽMENT ZNANJEM

Dosadašnja praksa je pokazala da postoje dve strategije upravljanja znanjem, i to: **kodifikovana i strategija personalizacije (4)**.

Kompanije koje prodaju relativno standardizovane proizvode i usluge koriste strategiju kodifikovanja znanja. Ovo je jednostavnija strategija ali je mogu koristiti i organizacije koje se bave konsaltingom u raznim oblastima privrede. Ernest & Yang je organizacija pretežno orjentisana na oblast finansijskog konsaltinga koja u svom centru za menadžment znanjem zapošljava više od 250 saradnika raznih obrazovnih profila.

Strategiju personalizacije znanja obično primenjuju organizacije koje primenjuju pojedinačna rešenja, a problemi su netipski. Kod ovih organizacija znanje se obično prenosi drugima putem ličnih kontakata. U ovom slučaju okruženje i priroda problema sa kojim se organizacije suočavaju su izuzetno problematični i dinamični. Razna zakonska tumačenja, predskazanje kretanja mikro-makroekonomskih indeksa zahteva puno subjektivnog znanja koje je teško kodirati. Strategija personalizacije stavlja na uvid putokaze, savete i najbolje studije ekspertima u okviru arhitekture sistema za menadžment znanjem u cilju rešavanja specifičnog problema. Ova strategija zahteva investiranje u mrežu eksperata i komunikacione tehnologije koje obavezno uključuju video konferencije.

Još je rano reći koja je strategija menadžmenta znanjem bolja, a iskustveni indeks je 80/20% u korist strategije kodifikacije. U pomenutom odnosu se dobijaju i **najbolji rezultati kada se koriste obe strategije** u izgradnji sistema menadžmenta znanjem. Kod

strategije personalizacije postoji potreba da se obezbedi određena količina kodifikovanog znanja u skladištu, tako da zaposleni imaju jednostavan pristup. Kod strategije kodifikovanja neophodno je obezbediti dodatni pristup onima koji daju znanje, pošto dodatni saveti sa određenim procedurama su često neophodni.

Formiranje strategije menadžmenta znanjem je jednostavan ali vremenski dugoročan projekat koji se najčešće realizuje sledećim postupcima:

- Identifikovanje problema.
- Stvaranje tima za promene i imenovanje projekt menadžera za proces menadžmenta znanjem.
- Identifikovanje šta je znanje, gde se nalazi i kome ga treba distribuirati.
- Mehanizam povratne sprege koji pokazuje kako se sistem koristi i koji su problemi.
- Arhitektura strukture, održivog sistema menadžmenta znanjem treba da se sastoji od skladišta znanja, inputa znanja, sistema za ponovnu evaluaciju i korišćenje, imenika znanja i upravljanja sadržajem. Ovaj korak obuhvata i integraciju postojećih informacionih sistema.

Tokom izrade sistema za menadžment znanjem nailazi se na puno problema, a samo neki od njih su:

- Nerazumevanje menadžmenta znanjem i benefita koji donosi implementacija.
- Nedostatak vremena zaposlenih za primenu menadžmenta znanjem.
- Nedostatak veštine za primenu tehnike menadžmenta znanjem.
- Organizaciona kultura ne ohrabruje zajedničko korišćenje znanja.
- Nedostatak stimulacije za podelu znanja.
- Nedostatak finansijskih sredstava.
- Nedostatak odgovarajuće tehnologije.
- Nedostatak podrške od strane višeg rukovodstva.

4. SREDSTVA ZA IMPLEMENTACIJU MENADŽMENTA ZNANJEM

Odeljenje i/ili sektor informacionih tehnologija u sklopu svojih uobičajnih zadataka može da upravlja istim vrstama saradničkih računarskih tehnologija koje su već postavljene ili se mogu nabaviti. Međutim, pošto se preporučuje odnos strategija 80/20% neophodno je edukovano osoblje da upravlja skladištem znanja. Osvežavanje znanja pripada ekspertima. Sve pogodnosti korišćenja znanja mogu se osigurati internetom kao i projektovanjem sistema menadžmenta znanjem (5).

Radni timovi se sastoje od menadžera i specijalista koji daju predloge za popunu banke znanja. Oni filtriraju i daju ključne reči za priloge znanju da bi se obezbedila doslednost, tačnost i mogućnost pronalaženja. Takođe, odgovaraju na elektronske poruke i pomažu klijentima u pretraživanju.

4.1. INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U MENADŽMENTU ZNANJEM

Upravljanje znanjem je pre metodologija koja se primenjuje u poslovnoj praksi nego tehnologija ili proizvod. Sistemi za menadžment znanjem se razvijaju koristeći tri skupa tehnologija: komunikaciju, saradnju i arhitekturu skladišta.

Komunikacione tehnologije omogućuju korisnicima pristup potreban znanju i međusobnu komunikaciju korišćenjem elektronske pošte, interneta, organizacijskog intraneta itd.

Saradničke tehnologije obezbeđuju sredstva za timski rad. Timovi mogu da koriste zajednička dokumenta, istovremeno ili asinhrono, na različitim mestima. Mogućnost elektronske konferencije, podstiče timski rad, posebno u oblasti osvežavanja znanja. Neophodno je napomenuti da saradnja pri procesu pojedinačnog prijavljivanja znanja mora biti na vrhunskom nivou i uključuje ekspertska mišljenja uz visok stepen samostalnosti.

Kada govorimo o arhitekturi skladišta govorimo o tehnologijama pohranjivanja koje predstavljaju korišćenje sistema za upravljanje baznim podacima, kako bi se pohranilo znanje i kako bi se njime upravljalo. Kada se skladišti subjektivno znanje najčešće se koriste saradnički računarski paket kao što je Lotus Notes.

Početkom ovog veka, tehnologija sistema menadžmenta znanjem se razvila do te mere da je integrisala sve tri tehnologije u jedan paket. Ona uključuje portale znanja preduzeća, komplete za upravljanje znanjem i provajdere/davaoce aplikacionih usluga. Serveri znanja obezbeđuju centralizovani softver koji koordinira operacije sistema za menadžment znanjem. Čitav niz paketa za upravljanje znanjem pojavio se na tržištu krajem 2000. godine. Tu spadaju Microsoft Tahoe i Lotus Domino Knowledge Discovery System, koji često nazivamo i portal znanja preduzeća.

4.2 UPRAVLJANJE SISTEMIMA ZA MENADŽMENT ZNANJEM

Osnovno pitanje menadžmenta je utvrđivanje faktora koji vode ka uspešnom upravljanju znanjem. Takođe, postavlja se pitanje utvrđivanja vrednosti intelektualnih sredstava jedne organizacije, a odmah i vrednosti sistema za menadžment znanjem. Pitanje prodaje i kupovine sistema za menadžment znanjem se predstavlja kod uspešnih sistema koji prerastaju svoju organizaciju.

Organizacije koje uspešno razvijaju sistem menadžmenta znanjem mogu ostvariti sledeće benefite: smanjenje gubitka intelektualnog kapitala, smanjenje troškova tako što će se smanjiti broj ponavljanja u slučaju kada je organizacija primorana da rešava isti problem i postizanje ekonomije obima u dobijanju informacija od spoljašnjih isporučilaca, smanjenje suvišnih aktivnosti zasnovanih na znanju, povećanje produktivnosti tako što će znanje učiniti brže i lakše dostupnim i

povećanje zadovoljstva zaposlenih uz mogućnost ličnog usavršavanja i napredovanja.

Osnovni faktori koji vode ka uspehu projekta sistem menadžmenta znanjem su sledeći:

- Veza s ekonomskom vrednošću firme i demonstracija ekonomske moći.
- Tehnička i organizaciona infrastruktura na kojoj će se graditi.
- Standardna i fleksibilna struktura znanja koja odgovara načinu na koji organizacija obavlja svoj posao i koristi znanje.
- Kultura koja ceni znanje i vodi direktno podršci korisniku.
- Jasna svrha i jezik da bi se korisnici podstakli da kupe deonice sistema.
- Promena u motivacionoj praksi kako bi se stvorila kultura da se znanje zajednički koristi.
- Višestruki sistemi za prenos znanja.
- Podrška višeg rukovodstva, a to je presudno za iniciranje projekta, za obezbeđivanje sredstava, za utvrđivanje potrebnog znanja.

Veliki problem u donošenju odluke top menadžmenta za uspostavljanje sistema menadžmenta znanjem predstavlja tradicionalni način finansijskog merenja vrednosti, zato što intelektualni kapital se ne smatra sredstvom i/ili robom. Kada se vrednuju nematerijalni resursi (ulaganja), postoji niz novih načina gledanja na kapital, kao što su:

- Kapital spoljašnjih poslovno-ekonomskih odnosa. Kako se organizacija povezuje sa svojim partnerima, isporučiocima, kupcima, usklađuje sa zakonskom regulativom i td.
- Strukturni kapital. Sistem i radni procesi koji uvećavaju konkurentnost, kao što su informacioni sistemi, koji opet brzo zastarevaju.
- Ljudski kapital. Pojedinačne sposobnosti, znanje, veštine i sve preostalo iz intelektualne svojine zaposlenih.
- Socijalni kapital. Kvalitet i vrednost odnosa sa širom društvenom zajednicom.
- Ekološki kapital. Vrednost odnosa sa životnom sredinom.

Tradicionalne računovodstvene procene su nedovoljne za merenje vrednosti sistema menadžmenta znanjem, ali se često koriste za brzo dokazivanje opravdanosti postavljanjem sistema menadžmenta znanjem. Prihodi u odnosu na investicije (ROI) kreću se od 20:1 kod farmaceutičkih do 4:1 kod transportnih organizacija.

5. UMEMSTO ZAKLJUČKA

Nema sistema koji je nepogrešiv. Ima mnogo slučajeva kada je projekat sistema menadžmenta znanjem dao negativan rezultat. Procene stope neuspešnosti kreću se od 50% do 70%. Do neuspeha obično dolazi kada se menadžment znanjem uglavnom oslanja na tehnologiju, a ne bavi se pitanjem da li će predloženi sistem zadovoljiti potrebe i ciljeve organizacije i pojedinaca u njoj. Takođe, izostanak podsticanja zaposlenih da koriste interaktivno postavljen sistem i nevoljnost organizacije da proda svoje znanje drugim korisnicima su najčešći uzroci neuspeha sistema menadžmenta znanjem.

LITERATURA:

- [1] Stavrić, B., Stamatović, M., „Osnovi menadžmenta za inženjere,, Akademske misao, 2005.
- [2] Allee, V., „ Are You Getting Big Value from Knowledge?,, KMWorld, September 1999, pp.16-17.
- [3] Barth., S., „Knowledge as a Function of X,, Knowledge Management, February 2000.
- [4] Clark, T., „ Implementing a Knowledge Strategy for Your Firm,, , Research Technology Management, March-April, 2000.
- [5] Stevens, L., „ Knowing What Your Company Knows,, Knowledge Management, December 2000.

KNOWLEDGE MANAGEMENT

***Resume:** The last decade of the 20th century will be remembered by the transition process from the economics based on natural resources, to the economics based on intellectual resources. The latest, which is based on human knowledge, is a reality. New information systems bore new management area, known as Knowledge Management-KM. Knowledge Management enable business people of different specialities and levels of management-to obtain knowledge, use the knowledge efficiently, utilize their experience within the organization and put it into practice in business contacts.*

The main problem we encounter in the process of forming a system for Knowledge Management is: 1.how to motivate and encourage employees to share what they know, with the other colleagues within the organization; 2.how to use it freely, and 3.how to make their knowledge available to the others. In order to use intellectual property, the valuable intellectual funds of your own, as well as those of the other employees, it is necessary to develop a system for KM. When an organization enters a system of KM, that means that it has begun to understand the true value of its intellectual property, which is as we know, not tangible and difficult to evaluate.

***Key words:** Knowledge Management, human knowledge, process, intelektual property*

TIME AND CAUSE DELAY ANALYSIS IN CONSTRUCTION PROJECTS

Jana Šelih¹
Aleksander Srđić²

UDK: 65.015.145

Summary: *Delays are a frequent occurrence in the execution phase of a construction project. When they occur, the analysis is often restricted to time but investigation of their causes and associated responsibilities is carried out in a limited amount. A method proposed in the literature can be used as a realistic basis for the assessment of actual project delay and for the investigation of delay causes and associated responsibilities during the execution phase. The paper presents results of a research project where the follow-up analysis was based on an approach originally proposed for the activity type „finish to start“ and upgraded to describe other types of activity relations („start to start“, „finish to finish“, „start to finish“). A convenient software tool to be used during follow-up analysis was produced.*

Key words: *project follow-up, delay, project participants, construction claims*

1. INTRODUCTION

A construction project is accompanied by a large number of project participants. Typically, their relations are contractually defined, and the leading contract between the owner and the general contractor usually specifies the deadline for the completion of the works. When a contractor fails to complete the project within the contract period, delay becomes a part of the project reality. Usually, in such case, the client wants to deduct the liquidated damages according to the contract. The contractor, on the other hand, wants to protect himself by obtaining an extension as a contractual release against liquidated damages.

Construction delays can be classified according to their origin (i.e. responsibility), timing, compensability and impact as presented in Fig.1. A delay is compensable to the contractor when it is caused by the owner, e.g. incomplete drawing and specification, changes in scope or late possession of site. The conditions of contract should allow the contractor to be entitled to a time extension and to monetary recompense for extra costs caused by the delay. Excusable delays are occurrences over which neither the owner nor the contractor have any control, e.g. extreme weather conditions, acts of God and other

¹ Jana Šelih, Ph.D., CE, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia, tel: 00 386 1 4768500, E-mail: jselih@fgg.uni-lj.si

² Aleksander Srđić, Ph.D., CE, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia, tel: 00 386 1 4768500, E-mail: asrdic@fgg.uni-lj.si

unforeseen future events. In this case, the contractor should declare the excusable delays and can be entitled to time extension. Nonexcusable delays are caused by the contractor, therefore he is not entitled neither to time extension nor to monetary recompense from the owner. In addition, the contractro may pay liquidate damages according to the contract.

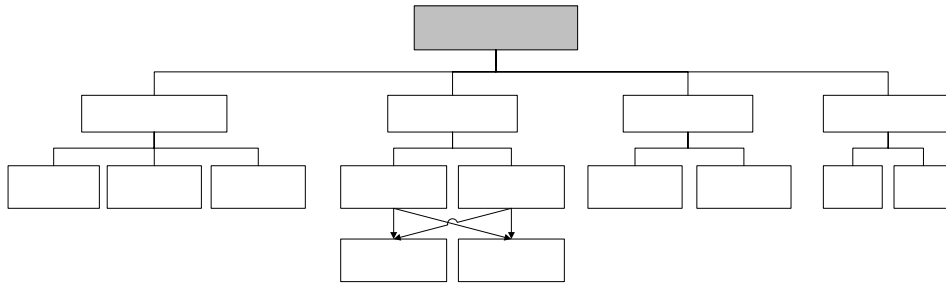


Fig.1: Classification of delays

Careful preparation of the contract that takes into account the possibility of delay occurrence and contains clauses addressing these issues is therefore an essential element leading to minimization of potential disputes and claims. During project execution, however, the contract must be accompanied by a thorough follow-up analysis and proper identification and allocation of responsibilities for the delay to a particular party.

The purpose of this paper is therefore to present an overview of various methods for computing activity delays, and to demonstrate the application of the ungraded method originally proposed by Shi et al [2] by a software tool.

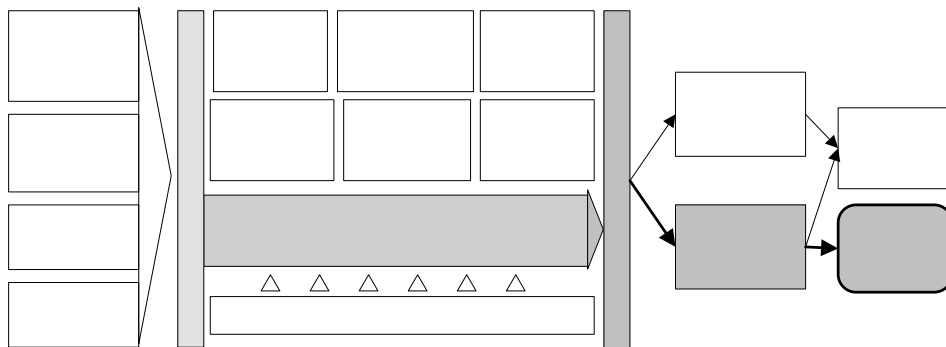


Fig.2: Cause effect relationship of construction delays

2. OVERVIEW OF PROJECT DELAY COMPUTATION METHODS

Completion of a project activity can be delayed due to a delayed start or extended activity duration. The reasons for the delayed start are usually different from the reasons for extended duration. An activity's delayed completion may cause delays in succeeding activities, which in turn can cause a delay in the total project completion. A schematic presentation of cause-effect relationship of project delay is presented in Fig.2. Total project delay is the accumulated effect of the delays in individual activities.

Several delay analysis methods used in construction projects can be encountered in the literature. Traditional windows technique is based on CPM of scheduling and progress analysis [3, 4]. Total project duration is divided into "controllable" time periods that are called windows, and delays occurred in each window are successively analyzed. The focus is on critical path, while the selection of windows coincides with milestones, major schedule updates or major delay events [5]. Commercial scheduling software developed on the basis of windows technique has some serious drawbacks due to inadequate recording and representations of as-built details made by various parties, making project updates a difficult and error prone task. Further, results of traditional windows method are strongly dependent upon selected size of windows. An attempt to eliminate this problem was made by Hegazy and Zhang [5] by proposing daily windows analysis, where the window has duration of 1 day. The parties responsible for each delay are recorded within each daily window. Due to short window duration and day-to-day follow-up, accurate and repeatable results can be achieved, which reduces the possibility of disputes regarding the assigned responsibility among the parties.

But-for method involves creating an accurate as-built schedule that includes all the daily interruptions caused by all parties to all activities. The problem is that the implications of each party's delays are not easily analyzed since it is difficult to distinguish each party's critical delays from its non-critical ones. In but-for approach, therefore, delays caused by one party are removed from as-built schedule, and project completion time is determined except for but-for actions of that party. Recently, improvements to this method have been proposed by Mbabazi et al [6].

The method proposed by Shi et al [2] is based on a backward computation of the activity mesh, and consists of the following steps:

- (a) Compute activity variations between as-planned and as-built schedules.
- (b) Compute activity variation based on causes; the variation in activity's start caused by events associated with the activity itself and variation in total activity duration caused by reasons fully associated with the activity itself are determined.
- (c) Compute activity contributions to project delay.
- (d) Cause analysis.

The main shortage of this approach is that only the simplest type ("finish to start") of activity relations can be used (AOA network). All project management software are based on AON (activity on node) networks, where other activities relations types (start to start, finish-to-finish) and relations lag are possible.

Causes of delays have to be investigated for individual activities that impact the project delay, and responsibilities have to be assigned accordingly. One should be aware that concurrent delays make assigning of responsibility very complicated. A rational method that takes into the account all delays should be used in this process in order to obtain an agreement between all collaborating parties.

3. EXAMPLE OF DELAY ANALYSIS

Within the scope of the presented work, the approach proposed in [2] was upgraded by including other types of activity relations (SS - “start to start”, FF - “finish-finish”, SF - “start-finish”) into the model (Fig.3). The following expressions are valid in this case.

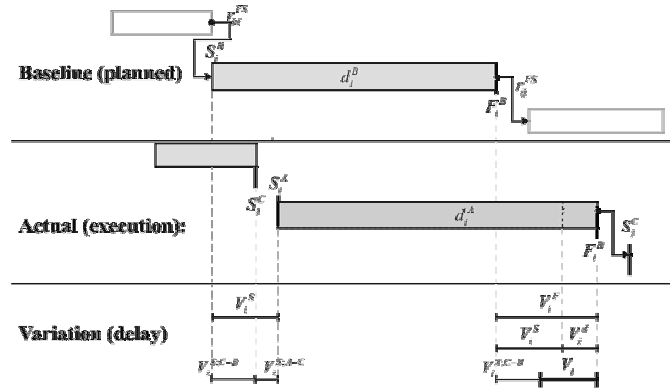


Fig.3: Delay analysis model

Variation in the start, V_i^S , and variation in the finish, V_i^F , are defined as

$$V_i^S = S_i^A - S_i^B \quad (1)$$

$$V_i^F = F_i^A - F_i^B \quad (2)$$

where S_i^B and S_i^A are baseline start time and actual start time of the activity a_i , and F_i^B and F_i^A are baseline finish time and actual finish time, respectively. Variation in the activity duration, V_i^D , is determined by the equation

$$V_i^D = d_i^A - d_i^B \quad (3)$$

where is d_i^B baseline duration, and d_i^A actual duration of the activity. By using the basic rules of the activity mesh to determine baseline (F_i^B) and actual activity end (F_i^A),

$$F_i^A = S_i^A + d_i^A \quad (4)$$

$$F_i^B = S_i^B + d_i^B \quad (5)$$

Variation in the finish can therefore be written as

$$V_i^F = V_i^S + V_i^d \quad (6)$$

The last equation shows that the variation in the finish of the activity analyzed consists of two parts, variation of start and variation of activity duration. This means that the variation of activity's start can be caused by the predecesing activities or/and are directly related to the activity under consideration.

For other types of activity relations (SS - "start to start", FF - "finish-finish", SF - "start-finish"), the following equations that define the „could start time“ (S_i^c) and the could finish time (F_i^c) of the activity a_i can then be written:

$$S_i^c = \max \begin{cases} \max_h \{ F_h^A + r_{hi}^{FS} + 1 & \dots \text{ for relation type SS} \\ \max_h \{ S_h^A + r_{hi}^{SS} & \dots \text{ for relation type SS} \\ S_i^B & \dots \text{ for relation type FF and SF} \end{cases} \quad (7)$$

$$F_i^c = \max \begin{cases} \max_h \{ F_h^A + r_{hi}^{FF} & \dots \text{ for relation type FF} \\ \max_h \{ S_h^A + r_{hi}^{SF} & \dots \text{ for relation type SF} \end{cases} \quad (8)$$

Where h is the set of activities that precede the activity a_i , r_h is the planned shift between the planned activity a_h and current activity a_i , S_i^B is the planned start of the activity a_i , S_h^A is the planned preceding activity, and F_h^A is the planned finish of the activity a_i .

A software tool based on MS Excel and Visual Basic was produced. Typical outcome of the tool for a set of 8 activities is presented in Fig. 4.

During the follow up analysis, it may occur that originally a non-critical activity becomes a critical one due to the delay, however only a portion of the delay may be transferred to the total project delay. Further, it can happen that a delayed activity may be caused by several project participants, however their total contribution to the project delay is smaller than the sum of the individual delays due to concurrent delays. An example of such case is a project where the owner and the contractor are responsible for a 2, and 5 day delay, respectively, however the total project delay is 3 days. In such case, it is extremely important to establish a fair system of responsibility sharing, where every participant causing the delay should be accountable for a part of the responsibility.

PROJECT: test #12		PROJECT COMPLETION TIME: 16.02.2005		COMPUTE DELAY															
task	rel. type	predecessor		successors		baseline			actual			variances/delay							
ID		ID	$t_{i,prev}$	ID	$t_{j,next}$	start S^B	finish F^B	free float R^B	start S^A	finish F^A	could start S^C	S^V	F^V	d^V	$V_{i^C \rightarrow B}$	$V_{i^C \rightarrow C}$	V_i	p^B	p^C
1	FS			5	0	01.02.2005	04.02.2005	2	02.02.2005	07.02.2005	01.02.2005	1	3	2	0	1	3	1	1
2	SS																		
3	FF																		
4	SF																		
5	FS			3,4	0,0	01.02.2005	02.02.2005	0	01.02.2005	01.02.2005	01.02.2005	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-1
6	SS																		
7	FF																		
8	SF																		
9	FS	2	0	5	0	03.02.2005	06.02.2005	0	03.02.2005	07.02.2005	02.02.2005	0	1	1	-1	1	2	1	1
10	SS																		
11	FF																		
12	SF																		
13	FS	2	0	7	0	03.02.2005	08.02.2005	5	02.02.2005	08.02.2005	02.02.2005	-1	0	1	-1	0	1	0	0
14	SS																		
15	FF																		
16	SF																		
17	FS	1,3	0,0	6,8	0,0	07.02.2005	11.02.2005	0	08.02.2005	12.02.2005	08.02.2005	1	1	0	1	0	0	1	0
18	SS																		
19	FF																		
20	SF																		
21	FS	5	0	7	0	12.02.2005	13.02.2005	0	13.02.2005	15.02.2005	13.02.2005	1	2	1	1	0	1	2	1
22	SS																		
23	FF																		
24	SF																		
25	FS	4,6	0,0			14.02.2005	16.02.2005	0	16.02.2005	18.02.2005	16.02.2005	2	2	0	2	0	0	2	0
26	SS																		
27	FF																		
28	SF																		
29	FS	5	0			12.02.2005	15.02.2005	0	13.02.2005	16.02.2005	13.02.2005	1	1	0	1	0	0	0	0
30	SS																		
31	FF																		
32	SF																		

Fig.4: Delay analysis for a simple example of 8 activities carried out by the developed support tool.

4. CONCLUDING REMARKS

The paper discusses different ways of project follow-up, delay computation and associated responsibilities for delays. The methods discussed were developed in the field of construction projects, where delays occur frequently, and are caused by various parties in the project. They can be, however, easily generalized and be implemented for every project follow-up.

Based on the method proposed, a system for responsibility sharing can be established, which can further lead to fair decisions regarding time and/or cost compensation which could be pre-defined in contractual relations between the owner and contractor as well as the contractor and subcontracting companies. It should be emphasized that distribution and allocation of responsibilities for an individual activity is a comprehensive task that needs to be based on site record analysis and is therefore beyond the scope of this paper.

A software tool was developed to carry out the computation of delays and the determination of responsibilities for the delays. Such tool can be of paramount importance if disputes among various parties appear during project execution regarding the responsibility for the delay. Special emphasis should be paid to the cases where concurrent delays occur, where a detailed analysis of events should be carried out if a fair responsibility allocation is to take place.

REFERENCES

- [1] Hegazy, T.: Computer-Based Construction Project Management, Prentice Hall, 2003.
- [2] Shi, J.J., Cheung, S.O., Arditi, D.: Construction delay computation method, ASCE Journal of construction engineering and management, 127(1), 60-65, 2001.
- [3] Finke, M.: Window analyses of compensable delays, ASCE Journal of construction engineering and management , 125(2), 96-100, 1999.
- [4] Zack, J.G.: Pacing delay – the practical effect, Cost engineering, 42(7), 23-28, 2000.
- [5] Hegazy, T., Zhang, K.: Daily windows delay analysis, ASCE Journal of construction engineering and management, 131(5), 505-512, 2005.
- [6] Mbabazi, A., Hegazy, T., Saccomanno, F.: Modified But-For method for delay analysis, Journal of construction engineering and management, 131(10), 1142-1144, 2005.

VREMENSKA I UZROČNA ANALIZA ZAKAŠNJENJA KOD IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH PROJEKATA

Rezime: Zakašnjenja su veoma čest pojav tokom izvođenja građevinskih projekata. Njihova analiza je obično ograničena na parametar vremena a manje na same uzroke i odgovornost. U radu su predstavljeni rezultati istraživačkog rada koji bazira na predhodno već razvijeni metodi analize zakašnjenja. Metoda je nadgrađena u smislu upotrebe ostalih tipova ovisnosti između aktivnost (start-start, finish-finish) koje se upotrebljavaju u komercijalnim softverskim rešenjima za potporu upravljanja projektima.

Ključne reči: praćenje projekata, zakašnjenja, učesnici projekata,

STUDIJE GRAĐEVINSKOG MENADŽMENTA NA GRAĐEVINSKOM ODSEKU FTN U NOVOM SADU

Milan R. Trivunić¹, Zoran S. Matijević²

UDK:65.01:378.096

Rezime: Fakultet tehničkih nauka, smer građevinski, već 35 godina školuje inženjere građevinske struke. Promene u okviru redovnih i posle diplomskih studija na građevinskom odseku vršene su permanentno, uporedo sa razvojem nauke i struke, a u cilju unapređenja znanja budućih inženjera prema zahtevima tržišta.

Usaglašavanje obrazovnih procesa u skladu sa Bolonjskom deklaracijom, uticalo je i na transformaciju studijskih programa iz oblasti građevinskog menadžmenta.

U okviru rada daje se prikaz studijskog programa iz oblasti građevinskog menadžmenta u okviru drugog stepena akademskih studija (diplomirani inženjer građevinarstva-master) i trećeg stepena (doktor tehničkih nauka), usvojenog 2005. godine.

Ključne reči: Građevinarstvo, građevinski menadžment, edukacija.

1. UVOD

Razvoj građevinarstva šezdesetih i sedamdesetih godina XX veka u bivšoj Jugoslaviji doveo je do formiranja više fakulteta u većim gradovima u cilju obrazovanja inženjera građevinske struke. Tako je pre 35 godina na Fakultetu tehničkih nauka formiran obrazovni smer za inženjere građevinske struke. Na tom smeru je u periodu do danas diplomiralo 820 studenata na osnovnim studijama, magistriralo 32 i doktoriralo 10.

U ovom periodu u nastavnim planovima i programima obim obrazovnih predmeta iz oblasti građevinskog menadžmenta varirao je u skladu sa zahtevima važećih odluka i uputstava datih od strane nadležnih Ministarstava, ali i samog Fakulteta. U periodu 1992-2004. godina, obim nastave (broj predmeta i broj časova) u ovoj oblasti značajno je smanjen, u odnosu na ambiciozne postavke iz prethodnog perioda. Razlozi ovako opadajućem razvoju nisu bili u cilju smanjenja obima i kvaliteta obrazovanja u ovoj oblasti, već u cilju uklapanja u trend obrazovanja po principu – efikasnije studiranje.

Usaglašavanjem plana i programa osnovnih studija 2004. godine, kroz usmerenje u IX semestru istaknuta je oblast građevinskog menadžmenta. Ovim planom studija prve

¹ Prof. dr Milan R. Trivunić, dipl. inž. građ., FTN Institut za građevinarstvo, Novi Sad, Trg D. Obradovića 6, tel: 021/450.993, e-mail: trule@uns.ns.ac.yu

² Mr Zoran S. Matijević, dipl. inž. građ., FTN Institut za građevinarstvo, Novi Sad, Trg D. Obradovića 6, tel: 021/450.993, e-mail: zoraniag@uns.ns.ac.yu

četiri godine su zajedničke i studenti se nakon VIII semestra opredeljuju za jedno od usmerenja:

- konstrukcije,
- procena stanja i sanacija,
- hidrotehnika,
- **građevinski menadžment**,
- putne saobraćajnice.

Paralelno sa osnovnim studijama odvija se nastava i na poslediplomskim studijama, konstruktivni smer i smer za **organizaciju i tehnologiju građenja** (od 1986.godine). Poslednji važeći plan i program poslediplomskih studija na smeru za organizaciju i tehnologiju građenja obuhvatao je 4 obavezna, 2 izborna predmeta i magistarski rad.

Promene u okviru planova i programa (sadržaja) predmeta redovnih i poslediplomskih studija na građevinskom odelu vršene su permanentno sve ove godine, uporedo sa razvojem nauke i struke, a u cilju unapređenja znanja budućih inženjera prema zahtevima tržišta.

Usaglašavanje obrazovnih procesa u skladu sa Bolonjskom deklaracijom, uticalo je i na transformaciju studijskih programa iz oblasti građevinarstva pa samim tim i građevinskog menadžmenta.

U okviru rada daje se prikaz studijskog programa iz oblasti građevinskog menadžmenta u okviru drugog stepena akademskih studija (diplomirani inženjer građevinarstva-master) i trećeg stepena (doktor tehničkih nauka), usvojenog 2005.godine.

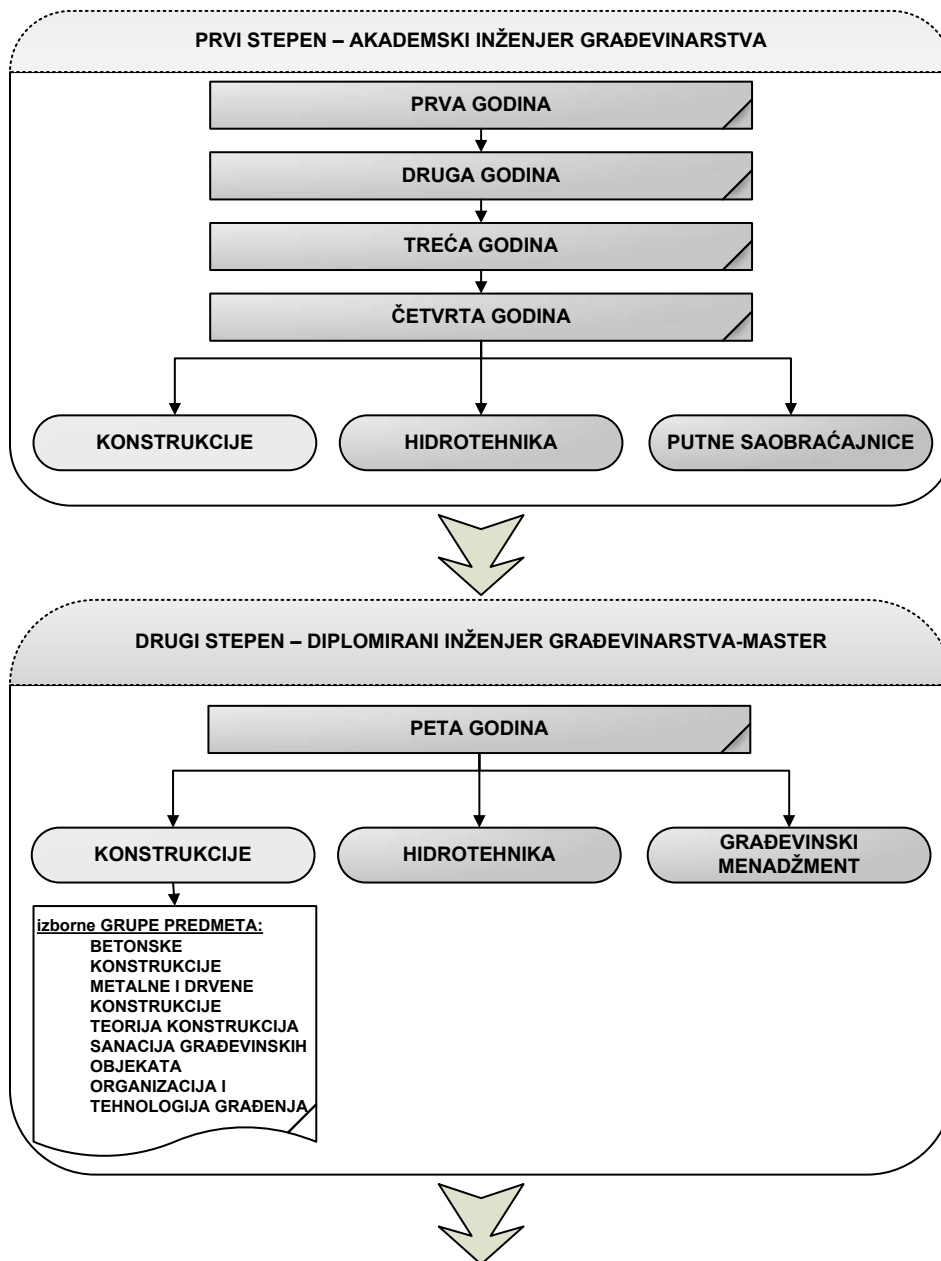
2. STUDIJSKI PROGRAM GRAĐEVINARSTVA I GRAĐEVINSKOG MENADŽMENTA

U skladu sa Zakonom o visokom obrazovanju, usvojenim preporukama FTN i zahtevima tržišta izvršena je transformacija studija građevinarstva na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Struktura trostepenog sistema akademskih studija građevinarstva u Novom Sadu prikazana je šemom na slici 1.

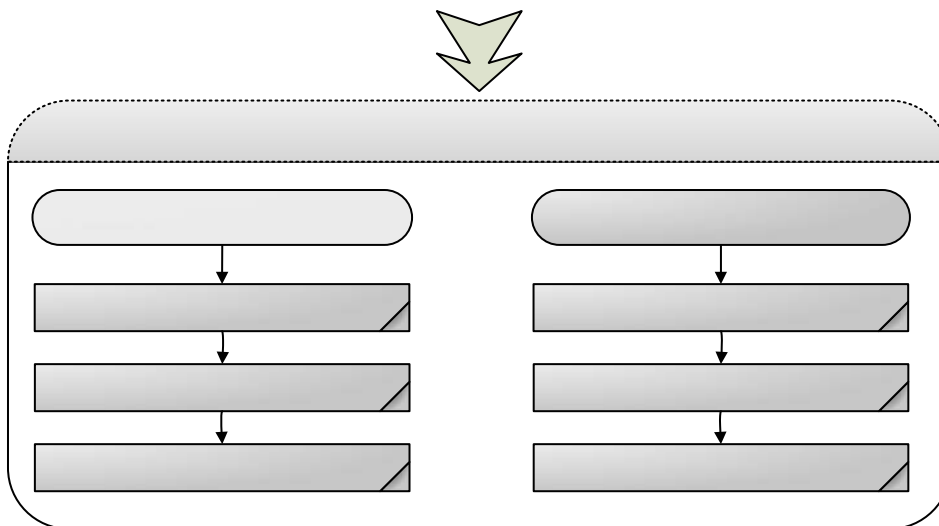
Prve tri godine studija i deo četvrte su zajedničke za sve smerove dok se studenti u četvrtoj godini opredeljuju za jedan od smerova. Što se tiče građevinskog menadžmenta - organizacije i tehnologije građenja u prve četiri godine zajednički predmeti koji se odnose na ovu oblast su "Ekonomika građevinarstva i sociologija rada" (I semestar) i "Organizacija i tehnologija građenja" (VII i VIII semestar). Na smeru KONSTRUKCIJE u VIII semestru u okviru jednog izbornog predmeta ponuđeni su pored ostalog i sledeći predmeti iz oblasti građevinskog menadžmenta: "Građevinsko poslovanje i regulativa", "Prefabrikacija i tehnologija montaže" i "Završni radovi i instalacije u objektima".

U okviru *master* studija na smeru KONSTRUKCIJE predviđena je izborna grupa predmeta iz oblasti Organizacije i tehnologije građenja, i to kao obavezni: "Upravljanje

građenjem" i "Industrijske metode u građevinarstvu" i izborni: "Građevinsko poslovanje i regulativa", "Menadžment u građevinarstvu" i "Kompleksna mehanizacija u građevinarstvu".



Slika 1. Šema studija građevinarstva na FTN



Slika 1. (nastavak)

U okviru plana *master* studija na smeru GRAĐEVINSKI MENADŽMENT predviđeni su obavezni i izborni predmeti, sa sadržajem prikazanim u tabeli 1.

Tabela 1. Plan *master* studija za smer građevinski menadžment

Nastavni predmet		Semestar i fond časova		
Rb	Naziv predmeta	Zimski Sem.	Letnji Sem.	Broj bodova
Peta godina				
1	Teorija sistema i modeliranje procesa građenja	2+2		4
2	Menadžment u građevinarstvu	4+2		6
3	Upravljanje građenjem	2+2		4
4	Industrijske metode u građevinarstvu	2+2		4
5	Građevinsko poslovanje i regulativa	2+2		4
6	Upravljanje građevinskim preduzećem	2+2		4
7	Izborni predmet****	4		4
8	Teorijske osnove za izradu diplomskog-master rada		5+5	10
9	DIPLOMSKI - MASTER RAD		10+10	20
Ukupno časova po semestru:		30	30	
Ukupno bodova po semestru:				30+30

****IZBORNI PREDMETI (bira se 1 u zimskom semestru) Peta godina

1	Matematika 4	2+2		4
2	Ekonomika građevinarstva	2+2		4
3	Marketing u građevinarstvu	2+2		4
4	Kompleksna mehanizacija u građevinarstvu	2+2		4
5	Montažne betonske konstrukcije	2+2		4
6	Geotehnika	2+2		4
7	Istraživački projekat (iz oblasti GM)	2+2		4
8	Održavanje građevinskih objekata	2+2		4
9	Ekologija i zaštita građene sredine	2+2		4
10	Hidrotehnički sistemi	2+2		4

TR

KONST

ŠESTA

Novi treći stepen studija - doktorske studije na Građevinskom odseku FTN organizovan je kroz dva smera KONSTRUKCIJE i GRAĐEVINSKI MENADŽMENT. Doktorske studije imaju dva obavezna i sedam izbornih predmeta, što budućim studentima omogućava slobodu profilisanja. Predviđeni plan *doktorskih* studija na smeru GRAĐEVINSKI MENADŽMENT prikazan je u tabeli 2.

Na osnovu preporuka FTN i za sve stepene akademskih studija pre izrade rada (završni, diplomski-master, doktorska disertacija) predviđen je fond časova i ispit koji se odnosi na "Teorijske osnove za izradu rada ...". Sadržaj ovog predmeta definiše mentor ili komisija, a odnosi se na ponavljanje i proširenje teorijskih osnova koje su vezane sa temu diplomskog rada. Nakon položenog ovog predmeta pristupa se izradi rada.

Tabela 2. Plan doktorskih studija za smer građevinski menadžment

Nastavni predmet		Semestar i fond časova		
Rb	Naziv predmeta	Zimski Sem.	Letnji Sem.	Broj bodova
Šesta godina				
1	Odabrana poglavlja matematike	*		10
2	Naučni metod teorijskog i eksperimentalnog istraživanja	*		10
3	Izborni predmet 1	*		10
4	Izborni predmet 2		*	10
5	Izborni predmet 3		*	10
6	Izborni predmet 4		*	10
Sedma godina				
1	Izborni predmet 5	*		10
2	Izborni predmet 6	*		10
3	Izborni predmet 7	*		10
4	Teorijske osnove za izradu doktorske disertacije		*	30
Osma godina				
	DOKTORSKA DISERTACIJA	*		30
	DOKTORSKA DISERTACIJA		*	30
IZBORNI PREDMETI u Šestoj i Sedmoj godini				
1	Napredne tehnologije građenja			10
2	Organizacione strukture građevinskih preduzeća			10
3	Programiranje i baze podataka			10
4	Istraživački projekat 1 (iz oblasti GM)			10
5	Automatizacija i robotizacija u građevinarstvu			10
6	Teorija odlučivanja i upravljanje rizikom			10
7	Odabrana poglavlja modeliranja procesa u građevinarstvu			10
8	Poboljšanje performansi građevinskih preduzeća			10
9	Međunarodna pravna regulativa			10
10	Menadžment ljudskih resursa i znanja			10
11	Kvalitet u građevinarstvu			10
12	Istraživački projekat 2 (iz oblasti GM)			10

3. UMESTO ZAKLJUČAKA

Pored transformacija koje se odnose na broj i vrstu predmeta, izvršena je transformacija i načina održavanja nastave, kao i provere znanja studenata.

Ovako predviđenim planovima i programima ne zaustavlja se proces usaglašavanja akademskog obrazovanja u skladu sa Bolonjskom deklaracijom, i verovatno će i u budućem periodu doći do novih promena i daljeg prilagodavanja.

LITERATURA

- [1] Vuković, S., Trivunić, M.: Improving Education In The Field of Construction Management, CIB W-102 Meeting "Information and Knowledge in Building", Belgrade, 17-18.June 2002, pp.6/1-6/6.
- [2] Vuković, S., Trivunić, M.: Unapređenje nastave iz oblasti građevinskog menadžmenta, Časopis "Izgradnja", br. 7-8, Beograd, str. 215-217.
- [3] Plan i program redovnih studija, Fakultet tehničkih nauka, građevinski odsek, Novi Sad, 1979, 1980, 1986, 1989, 1992, 1997, 1999, 2004, 2005.
- [4] Plan i program poslediplomskih studija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1986, 2000, 2002.

THE STUDIES OF CONSTRUCTION MANAGEMENT AT THE DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING AT FTS IN NOVI SAD

Abstract: *The Faculty of Technical Sciences, major in Civil Engineering, has had the studies for graduate civil engineers for 35 years. Changes within undergraduate and postgraduate studies at the Department for Civil Engineering have been performed permanently, in regard to the development of science and profession, with the objective to improve knowledge of future engineers in accordance with market demands.*

The co-ordination of educational processes in accordance with the Bologna Declaration has also influenced the transformation of curricula in the field of construction management.

The paper presents an overview of curricula in the field of construction management within the second degree of academic studies (graduate civil engineer-master) and the third degree (PhD in technical sciences), adopted in 2005.

Key words: *Civil engineering, construction management, education.*

USE OF DISCRETE ELEMENTS FOR SOIL MODELLING

Lidija Babić¹,
Ranko Babić²

UDK:624.131

Summary: *Contemporary structures require more accurate structure computation. Soil modeling has been developing as research topic during last few decades. Modelling of granular materials can be done successfully by discrete elements. DEM represents the soil as assemblies of discrete particles with pores, and simulate that real structure. The paper describe genesis of such models and gives some recommendations for usage.*

Key words: *Discrete elements, soil, modelling*

1. INTRODUCTION

DEM treats materials as an assembly of discrete particles. Before such advances, soil has been treated as a continuum while ignoring its discrete nature [1]. Models do not represent real properties of the medium, they only outline its main characteristics. In reality, soil is a discontinuous medium and represents an assembly of discrete particles, where they may alternatively make and brake contacts between. Such system is quite appropriate for discrete element modeling as numerical analysis technique.

DEM has developed from the fields of aero-elasticity, the finite difference method and the finite element method. It is a type of finite element modeling [2]. Every element corresponds to one grain. Some contacts between the grains can be lost and new one can appear. The global stiffness matrix of the whole system permanently changes.

Cundall (1971) first applied DEM for rock mechanics problems, with no continuity between separate elements. Afterwards, Cundall and Strack (1978 and 1979) adopted it for studying the behaviour of granular materials. Cundall and coworkers applied the DEM to soil using two-dimensional discs and three-dimensional spheres and these models were developed to handle particles of any shape [3]. They developed a computer model Ball, which described successfully behaviour of granular materials and can be used for both non-coherent and coherent particles. Verruijt and De Josselin de Jong (1969) measured the rotation of polarized light through photoelastic grains, and used it to determine the magnitude and the direction of the contact forces between grains. Wakabayashy (1957) proposed a testing method for assemblies of discs that allow direct

¹ Lidija Babić, Ass, MSc, CEng, Kosovska Mitrovica, Faculty of Technical Sciences, Serbia and Montenegro

² Ranko Babić, Prof., DSc, EEng, Kosovska Mitrovica, Faculty of Technical Sciences, Serbia and Montenegro
e-mail:babic57@Eunet.yu

solving of contact forces between the grains. Serrano and Rodriguez-Ortiz (1973) proposed a numerical model for assemblies of discs and spheres.

Bathurst and Rothenburg (1988) analyzed by DEM the structure of granular materials under loadings, and constitutive relations for soil using discs and spheres. Campbell and Brennen (1983) used DEM to define the flow of granular media down inclined chutes. Uemura and Hakuno (1987) solved slope stability problems, Tarumi and Hakuno (1988) liquefaction process, Lorig and Brady (1984) dealt with problem of stress around tunnel openings. Tanaka (2000) presented his work about reaction of tool penetration. He represented soil as randomly distributed rigid discs with two kinds of diameters in two dimensional states. He accepted an overlap between discs, and result was a contact force. The forces on disc are present only if discs touched each other, or tool. The magnitudes of forces depend on the relative position and velocities of the discs. He involved an elastic spring to represent the force under the contacts between the discs.

Momozu (2000) modified DEM by including adhesion effect between particles in the their normal direction, if particles dissociate after contact. It improved the DEM for usage at cohesive soil, because its soil particles are not absolutely discrete.

The method become useful for variety of practical engineering problems, as slope stability, wave propagation, earthquake and fluid problems, landslides and ice flows, dragline excavation, mixing in tumblers, silo filling etc. Microscopic point of view comprises individual particle displacement, inter-particle interactions and interactions between particles and other structure elements as foundations, tunnels etc.

Instead of real grains that have irregular 3D shapes, DEM use various idealized 2D and 3D shapes, as circle, sphere, ellipsoid, polygons etc [4].

Various models can be described by Mohr-Coulomb model. Coulomb failure implies that contacts between grains collapse due to shear deformation. Instead, some contacts crushed due to tension failure.

2. DISCRETE ELEMENT METHOD OUTLINE

Discrete nature of soil is very significant, it is evident that such materials consist of discrete grains. Continuum mechanics imply that ratio of particle length according to macroscopic length is negligibly small. As that ratio is much larger for soils, it is obviously that soil properties [5] directly depend of discrete particles and their interaction.

Main difference in regard to finite element modeling is that contacts between the grains can broke and the new one can be made. Result is the variable global stiffness matrix of the complete structure, which rebuild constantly. Well, such nature of soil causes complex behaviour. Two main groups of soil materials are sands and clays. Sands particles have different sizes and shapes, and mutual interaction involve normal and tangential contact forces. The particles are incompressible, and deformation of the whole structure is triggered by the particle translation, slip and rotation. Unequal distribution of contact forces and densities results in complex soil properties, permanent deformation, anisotropy, local instabilities etc. Clay particles are plate-shaped, and they hold together under the gravity and electrostatic forces at the contact points. Particle shapes and mechanics of contacts are enough to know structure behaviour. There is direct relationship between microscopic and macroscopic behaviour.

Microscopic modelling requires some simplifications [1].

The first simplification is made by reducing the number of dimensions, because of calculating time reduction. Two-dimensional computer modelling use less time and memory than three-dimensional, and results are quite acceptable. The second simplification is related to the grain shape. Real medium consists of irregularly shaped particles, and it is the main problem in DEM [6]. The first versions used polygonal particles (Meguro, 1991), and forces between these particles transferred through contactor edges. The pure disc greatly reduces calculation time. Such grains rotate easily and represent the faster failure than, e.g., elliptical grains (Rothenburg, 1992). Common simple shape used today is a disc or sphere. Third approximation concerns contacts between grains. Contact behaviour comprise normal deformation, shear deformation and slip or crack. These simplifications can explain differences between real results and model behaviour.

There are significant differences in contact behaviour between non-cohesive soils, such as sand and dust, and cohesive soils, as sandstone, and they have to be treated separately.

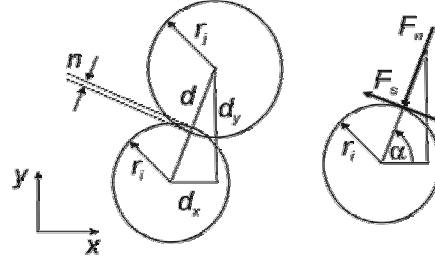


Figure 1. The grain contact parameters

Normal force F_n depends of displacement n :

$$F_n = k_n n \quad (1)$$

Stiffness in normal direction k_n is constant for cohesive materials, but for non-cohesive, depends on the normal displacement [1]. Hertz (1881) solved force-displacement relation:

$$k_n = M \sqrt{n} \quad (2)$$

$$M = \frac{2\sqrt{2\bar{r}}G_\mu}{3(1-\nu_\mu)}, \quad n = r_i + r_j - d, \quad \bar{r} = \frac{2r_i r_j}{r_i + r_j} \quad (3)$$

where M is the grain stiffness, G_μ is shear modulus, ν_μ Poisson's ratio and \bar{r} is average size of both grains. This relation is nonlinear for non-cohesive soil because contact surface depends on deformation.

Mindlin and Deresiewicz (1953) defined force-displacement relation between two balls in shear direction. The shear force is proportional to the shear displacement:

$$F_s = k_s s_h \quad (4)$$

The stiffness in shear direction is:

$$k_s = \frac{2G_\mu^{\frac{2}{3}} [3(1-\nu_\mu)\bar{r}F_n]^{\frac{1}{3}}}{2-\nu_\mu} \quad (5)$$

The stiffness in shear direction is related to the stiffness in normal direction:

$$k_s = k_v k_n \quad (6)$$

$$k_v = 3 \frac{1 - \nu_\mu}{2 - \nu_\mu} \quad (7)$$

The relation between stiffness in both directions depends only of the Poisson's ratio of the material.

3. MODELLING BASED ON EQUATIONS OF MOTION AND EQUATIONS OF EQUILIBRIUM

The modelling of granular structures comprises: particle creations, calculation of boundary conditions, calculating of displacements and contact forces on the grains and calculation of wall forces [7]. Cundall's model is based on the equations of motion [3]. In each time increment, all grains have to be recalculated in phase 3. Its calculation is divided into three parts. First of all, all forces on one particle are calculated with force-displacement relations $F_n = k_n n$ and $F_s = k_s s_h$. Then, acceleration of the grain is solved with that forces and equation of motion, second Newton's law [1]:

$$\sum F_x = m\ddot{x}, \sum F_y = m\ddot{y}, \sum M = I\ddot{\phi} \quad (8)$$

where m is mass of a grain, and M is a moment on a grain.

The new position of the grain is solved by:

$$\ddot{x} = \frac{1}{m} \sum F, \dot{x} = \int \ddot{x} dt, x = \int \dot{x} dt \quad (9)$$

This procedure requires small time steps. All contacts are checked for:

1. Plastic deformations, which imply slip or crack:

$$\text{if } |F_s| > F_{gg} F_n + F_t \text{ than } |F_s| = f_{gg} F_n \quad (10)$$

where $f_{gg} = \tan \phi_\mu$, $F_t = c_\mu \bar{r}^2$ or $F_t = c_\mu r_i r_j$

2. Contact breaking, If $F_n > F_t$, than break contact
3. Contact making, If $n > 0$, then make contact

All contact forces and particle position are calculated for every time step. Computer models, Ball, Trubal and PFC (particle flow code) are all based on this method.

Models based on equations of equilibrium made new approach in DEM. The difference in regard to motion modeling is that equilibrium equations were applied instead of equations of motion:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0 \quad (11)$$

They form a matrix:

$$\begin{bmatrix}
\sum_{k=1}^{n_{c/g}} -c^2 k_n - s^2 k_s & \sum_{k=1}^{n_{c/g}} (k_s - k_n) sc & \sum_{k=1}^{n_{c/g}} srk_s \\
v \sum_{k=1}^{n_{c/g}} (k - k_n) sc & \sum_{k=1}^{n_{c/g}} -s^2 k_n - c^2 k_s & \sum_{k=1}^{n_{c/g}} -crk_s \\
\sum_{k=1}^{n_{c/g}} -srk_s & \sum_{k=1}^{n_{c/g}} -crk_s & \sum_{k=1}^{n_{c/g}} -r^2 k_s
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
\Delta x \\
\Delta y \\
\Delta \phi
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
\sum_{k=1}^{n_{c/g}} cF_n + sF_s \\
\sum_{k=1}^{n_{c/g}} sF_n + cF_s \\
\sum_{k=1}^{n_{c/g}} -rF_s
\end{bmatrix}
\quad (12)$$

$n_{c/g}$ is number of contacts per grain, $s = \sin(\alpha)$, $c = \cos(\alpha)$, r is radius of the grain

Matrix comprises all forces and stiffness for one grain. Displacement of a grain are transmitted to neighbouring particles. Equilibrium state requires several iterations of whole system.

At non-cohesive materials, DEM is useful for specifying some micro parameters as relative density, lateral pressure or internal friction, which have influence on macro behaviour. Mechanics of failure is very important issue. During biaxial test, one observes if failure happens because of slipping of the grains, rolling, or under their combination [8]. During experiment, number of lateral contacts decrease strongly and it represent a failure of the soil. The number of axial contacts increased a little bit. Increase of internal friction enlarges strength of the whole structure and dilatancy. If internal friction is equal to zero, the structure will shear, and behave as fluid, with constant volume. Otherwise, if internal friction is infinite, a structure collapse is result only of the grain rolling. Infinite friction produces largest dilatancy. Strength is not infinite even for infinite friction. Both shearing and rolling causes the failure at non-cohesive materials, but only rolling causes dilatancy and contact break.

Cohesive soil, treated as granular material, has characteristic of failure mechanism. First, contact forces during loading become negative, and they break as a result of local tension failure, instead of Coulomb's assumption of shear failure. Number of the cracks grows up, and local area becomes weaker. It affects appearance of new cracks and creating of failure surfaces, which are diagonal, but micro cracks are mostly vertical and horizontal where contacts are broken. Broken contacts are trigger for rolling of that grains, when resistant vertical force decreases.

Motion and equilibrium models are applicable in practice. Motion model can deal with dynamic problems, such earthquake or explosions, and it has advantage in regard to equilibrium model. Although equilibrium model cannot solve dynamic problems, such modeling is significant faster for static problems. If dynamic aspect is not necessary, equilibrium models are better. For example, Baar's equilibrium model GRAIN use one iteration step, the New Tubal model requires 4000, and PFC model fifty iterations!

4. CONCLUSION

Comparison between well known Finite element and Discrete element method gives some recommendations. FEM cannot be used for discrete grains which are associated by pores and voids [9]. It can be used just for small deformations. Good results are obtained just for great number of nodes. Dense mesh requires longer calculating time. DEM has the same problem about number of particles. Faster calculating time obtained for quasi-

static problems by equilibrium model that iterate faster than dynamical. DEM is under constantly improvement, and becomes applicable in many areas, as structural or agricultural soil, solid, fluid, cosmic exploring etc. DEM is very usefull for simulating of granular soil deformations, and its results are similar to real behaviour of granular soil [10]. The recommendation is to use DEM for non-cohesive soil. Further research will treat particle shapes [11] and that influence on results for different soils.

LITERATURE

- [1] Baars, S., Discrete element analysis of granular materials, Dissertation, Delft University of Technology, 1996
- [2] Alonso-Marroquín, F., The incremental response of soils. An investigation using a discrete-element model, Journal of Engineering Mathematics, (2005) 52: 11–34
- [3] Cundall P.A., Strack O.D.L., A discrete numerical model for granular assemblies. *Geotechnique*, 1979; 29(1):47–65.
- [4] Matsushima, T., Discrete element simulation of an assembly of irregularly-shaped grains: quantitative comparison with experiments, 16th ASCE Engineering Mechanics Conference, Seattle, 2003
- [5] Babić, L., Reoloski modeli materijala u tlu i primena u projektovanju temeljnih konstrukcija, Master thesis, Kosovska Mitrovica, 2005
- [6] Kuhn, M., Evolution of stress in dense granular materials at the peak state of loading, 16th ASCE Engineering Mechanics Conference, Seattle, 2003
- [7] Folić, R., Kovačević, D., Numerical Modelling in Civil Engineering Structural Analysis, The 10th International Symposium of Mathematics and its Applications - Invited paper, Timișoara, Romania, Proc. pp. 391-400, 2003
- [8] Balevičius, R., Modelling of filling and discharge of granular materials in hoppers by discrete element method: optimization of some flow parameters, 6th World Congresses of Structural and Multidisciplinary Optimization, Rio de Janeiro, 2005
- [9] Sitharam, T., Numerical simulation of particulate materials using discrete element modeling, CURRENT SCIENCE, VOL. 78, NO. 7, 10 APRIL 2000
- [10] Tadesse, D., Evaluating DEM results with FEM perspectives of load-soil interaction, Dissertation, Wagening University, 2004
- [11] Babić, R., Statistical model of grains aggregation and its anisotropic strain behaviour, Proc. of Inter. Conference VSU'2006, May 2006, Sofia.

PRIMENA DISKRETNIH ELEMENATA U MODELIRANJU TLA

Rezime: *Savremene građevine zahtevaju precizniji projekat i proračun konstrukcije. Poslednjih dekada, modeliranje tla je postalo tema intenzivnih istraživanja. Modeliranje granularnog tla može uspešno biti rađeno primenom diskretnih elemenata. DEM predstavlja tlo kao skup diskretnih čestica sa porama i simulira realnu strukturu. U radu je opisana geneza takvih modela i preporuke za primenu.*

Ključne reči: *Diskretni elementi, tlo, modeliranje*

NOSIVOST ANKERNIH FUNDAMENATA U GLINI OPTEREĆENIH VERTIKALNOM ZATEŽUĆOM SILOM

Suzana Koprivica¹

UDK: 624.078.72

Rezime: U ovom radu su prikazane teorijske i numeričke metode za određivanje granične nosivosti ankernih fundamenata čija je horizontalna ankerna ploča opterećena na zatezanje vertikalnom silom pri ravnoj i prostornoj aksijalnosimetričnoj deformaciji. Predpostavljeni oblik linije loma (baziran na eksperimentalnim istraživanjima) je kružna linija. Utvrđeno je da nosivost pločastih ankeri u zasićenoj glini (glina sa većom nosivošću) zavisi isključivo od koeficijenta ukopavanja i raste do vrednosti $t/b=4$. Dalje povećanje dubine ukopavanja nema uticaja na nosivost ankeri koja postaje konstantna bez obzira da li na temelj deluje sila zatezanja ili pritiska (Skempton, 1951). Preporuka je da se ispuna ankerne rupe vrši zbijenim peskom koji ima nosivost za 40% veću od najveće nosivosti u glini i koja raste sa daljim povećanjem dubine ukopavanja, tako da za koeficijent ukopavanja $t/b=7$ daje dvostruku maksimalnu nosivost u zasićenoj glini.

Ključne reči: nosivost, plitki pločasti ankeri, vertikalna sila zatezanja, glina, pesak

1. UVOD

Ankerni fundamenti se koriste kod onih sistema gradjevinskih konstrukcija gde je potrebno preneti zatežuću silu na tlo (lančanice, visoki ankerisni stubovi i sl.). Tako su razdvojeni temelji čeličnih rešetkastih dalekovodnih stubova izloženi delovanju pritiskujućih ili zatežućih sila, koje su uglavnom pod malim uglom nagnute u odnosu na vertikalnu. Ove sile se javljaju kao rezultat delovanja horizontalnih komponenti opterećenja na stubu. Specifičnost delovanja ankernih fundamenata u odnosu na obične fundamente se sastoji u pravcu delovanja sile. Kod ankernih fundamenata pravac i smer sile se može menjati u prilično širokim granicama, od kosog usmerenog na gore pa sve do vertikalnog. Mada su u praksi retki slučajevi sa vertikalnim pravcem sile, često je horizontalna komponenta dovoljno mala da se pri proračunu fundamenata na izvlačenje može zanemariti.

Za dimenzionisanje temelja od posebnog značaja je delovanje zatežuće sile. Ovaj slučaj opterećenja je kritičniji od delovanja pritiskujućih sila na temelj. Proračun ankernih fundamenata može se vršiti prema pomeranjima ili prema sili čupanja. Ovde se sila

¹ Mr Suzana Koprivica, dipl.gradj. inž., Fakultet za graditeljski menadžment Beograd, Cara Dušana 62-64, tel: 011/2180-287, e-mail :suzana.koprivica@tahal.co.yu

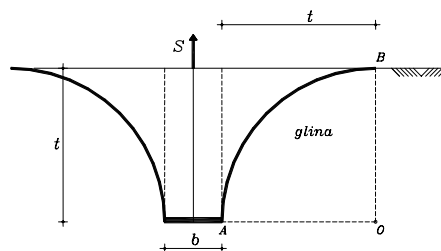
čupanja određuje iz uslova ravnoteže sila koje deluju na masu tla ograničenu površinom loma i površinom tla.

Kod izvlačenja ankera mogu da se jave tri potpuno različita oblika loma tla u zavisnosti od odnosa dubine ukopavanja t i širine b (ravni problem) ili prečnika ankerne ploče (aksijalnosimetričan problem):

- kod ankernih fundamenata kod kojih je odnos t/b relativno mali, relativno plitak anker, u tlu se obrazuje zona istiskivanja koja počinje od ankerne ploče i koja se završava na površini poluprostora
- kod ankernih fundamenata kod kojih je odnos t/b veliki, relativno dubok anker, površine loma se obrazuju u neposrednoj blizini ankerne ploče i tu se zatvaraju ne dostižući površinu poluprostora
- prelazni oblik ankernih fundamenata čija je površina loma kombinacija prethodne dve.

Kod glina je granica širine zone ukopavanja niža u odnosu na pesak. Rowe R.K. & Davis E.H. (1982) su vršeći eksperimente u zasićenoj glini došli do zaključka da se kod odnosa $t \leq 4.5b$ anker ponaša kao plitak, a dubok za odnos $t > 4.5b$, što znači da prelaznog oblika u glini nema.

Za plitke ankerne fundamente u zasićenoj u glini oblik linije loma, baziran na eksperimentalnim istraživanjima, je kružna linija (Slika 1).



Slika 1. Model loma tla sa kružnom linijom za plitke ankere u zasićenoj glini

2. PRORAČUN NOSIVOSTI ANKERNIH FUNDAMENATA

2.1. Teorijski metod

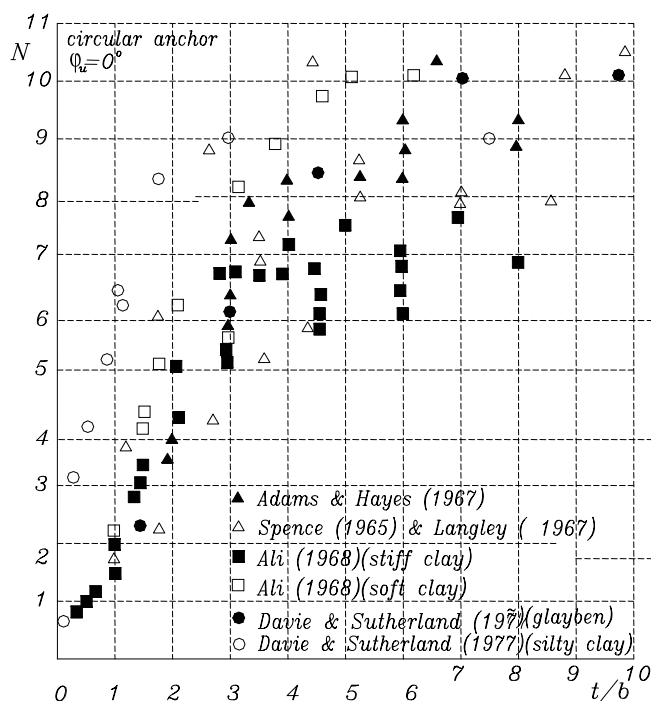
Usvajanjem modela mehanizma loma, tj. oblika najniže linije loma, za glinu-kružna linija, za pesak-logaritamska spirala, granična nosivost se može odrediti iz uslova granične ravnoteže za masu tla ograničenu linijom loma, konstrukcijom i površinom terena.

Naponi i rezultantne sile na liniji loma određivani su integracijom diferencijalnih jednačina Sokolovsk-og (1960), za uslove ravnog deformacijskog stanja i integracijom diferencijalnih jednačina Berezancev-a (1952) metodom konačnih razlika za uslove aksijalnosimetričnog deformacijskog stanja.

Sa definisanom linijom loma i poznatim naponom u jednoj tački linije loma (na preseku linije loma i površine tla napon je jednak nuli), moguće je odrediti napone i rezultantne sile u ma kojoj tački linije loma.

2.2. Poredjenje eksperimentalnih i teorijskih rezultata

Problem nosivosti ankera u vodom zasićenoj glini ($S_r=1$), kao što je ranije rečeno znatno je jednostavniji u odnosu na problem nosivosti ankera u pesku. Ovde model mehanizma loma predstavlja model sa krivom površinom oblika kruga ($\varphi_u=0$), dok je dijagram zavisnosti nosivosti ankera u zasićenoj glini od koeficijenta ukopavanja sličan dijagramu nosivosti za ankere u pesku. Međutim, kada nosivost više ne zavisi od dubine ukopavanja ona postaje konstantna veličina. Na osnovu brojnih eksperimenata (Adams J.I. & Hayes D.C. (1967), Spence B.E. & Langley W.S. (1967), Ali M.S. (1968), Davie J.R. & Sutherland H.B. (1977), Rao S.N. & Prasad Y.V.S.N. (1992)) utvrđeno je da to biva za vrednost koeficijenta ukopavanja $t/b=4$, dok je maksimalna vrednost faktora čupanja $N=9$.



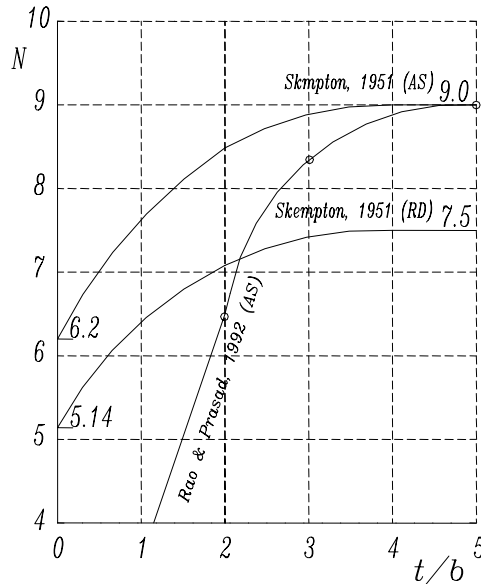
Slika 2. Nosivost ankera u glini, eksperimentalni rezultati

Granična sila čupanja S se može dati i bezdimenzionalnim faktorom čupanja N , kao:

$$N = \frac{S}{A \cdot \gamma \cdot t} \quad (1)$$

gde je S = sila čupanja, γ = jedinična težina tla, A = površina ankernog fundamenta i t = dubina ukopavanja ankera.

Skempton A.W. (1951) je računavši nosivost temelja na pritisak u zasićenoj glini došao do zaključka da temeljna ploča za vrednosti koeficijenta $t/b \geq 4$ ima maksimalnu vrednost faktora nosivosti $N=9$, a u uslovima ravne deformacije $N=7.5$.



Slika 3. Nosivost ankeru u vodom zasićenoj glini (Rao S.N. & Prasad Y.V.S.N., 1992)

Na osnovu ovakvih rezultata može se izvući zaključak da nosivost ankeru opterećenih bilo vertikalnom silom zatezanja, bilo vertikalnom silom pritiska u vodom zasićenoj glini raste sve do koeficijenta ukopavanja $t/b=4$, kada postiže maksimalnu vrednost $N=9$ u uslovima aksijalnosimetričnog deformacijskog stanja i $N=7.5$ u uslovima ravnog deformacijskog stanja.

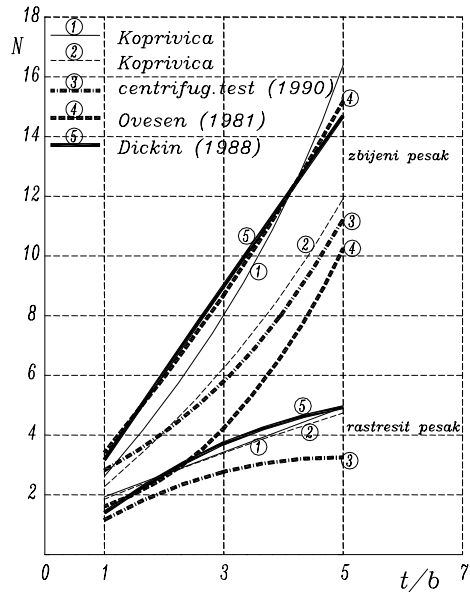
3. POREĐENJE NOSIVOSTI ANKERNIH FUNDAMENATA U PESKU I GLINI

Dijagrami nosivosti ankeru u vodom zasićenoj glini i ankeru u pesku su veoma slični. Razlika je u tome što nosivost ankeru u glini ne raste sa povećanjem ukopavanja kada se dostigne konstantna vrednost.

Nosivost ankeru u pesku je data na slici 4. Teorijske rezultate predstavljaju linija 1 pesak sa uglastim zrnima, koji ima veću nosivost i linija 2 pesak sa zaobljenim zrnima. Površina između linije 1 i 2 predstavlja teorijsku nosivost ankeru za tipičan pesak. Linije 3, 4 i 5 su eksperimentalno dobijene centrifugalnim testom (Dickin & Leung, 1990) i model testom (Ovesen, 1981; Dickin, 1988).

Teorijske linije 1 i 2 tj. nosivost ankeru u pesku su dobijene numeričkom metodom izloženom u poglavlju 2 ovoga rada. Model mehanizma loma tla, u ovom slučaju za pesak, je bila logaritamska spirala.

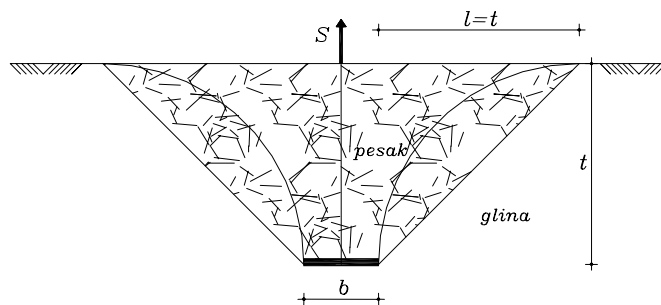
Poređenjem nosivosti ankeru u pesku i u zasićenoj glini nameće se veoma praktično i ekonomično rešenje, zamena glinovitog materijala zbijenim peskom.



Slika 4. Nosivost ankeri u pesku, eksperimentalni i teorijski rezultati

4. ZAKLJUČCI I KOMENTARI

Sledeće pitanje na koje treba dati odgovor je izgled ankerne rupe. Sarač (1979) eksperimentalno dobija liniju loma oblika logaritamske spirale (modelska ispitivanja u pesku) čija je projekcija na površinu tla $l=t \cdot \tan \varphi$. Izložene krive 1 i 2 predstavljaju mehanizam loma koji uzima u obzir nelinearnu anvelopu napona loma, te kod modela sa najvećom zbijenošću tla iznosi $l=t \cdot \tan \varphi_B$. Kako se bazni ugao trenja kreće u granicama $32-33^\circ$ uzevši da je $\varphi_B=33^\circ$ projekcija kraka na površinu iznosi $l=0.65t$. Za zasićene gline je preporuka ispunjavanje ankerne rupe zbijenim peskom kao na slici 5. U tom slučaju nosivost se povećava za 40% u odnosu na nosivost u glini i raste sa daljim povećanjem dubine ukopavanja, tako da za koeficijent ukopavanja $t/b=7$ daje dvostruku maksimalnu nosivost u zasićenoj glini.



Slika 5. Izgled ankerne rupe

LITERATURA

- [1] Dickin, E.A. & Leung, C.F.: PERFORMANCE OF PILES WITH ENLARGED BASES SUBJECT TO UPLIFT FORCES. *Can. Geotech. J.* 7, 546-556, 1990
- [2] Koprivica, S.: NOSIVOST PLOČASTIH ANKERA U GLINI I PESKU OPTEREĆENIH VERTIKALNOM ZATEŽUĆOM SILOM. Magistarski rad. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1996
- [3] Koprivica, S.: BEARING CAPACITY OF THE PLATE FOUNDATIONS IN SAND LOADED BY VERTICAL TENSION FORCE. *The International Conference: Trends in the Development of Geotechnics*, Belgrade, pp. 97-105, 1996
- [4] Koprivica, S.: NONLINEAR FAILURE ENVELOPE IN CALCULATION OF THE BEARING CAPACITY OF THE PLATE FOUNDATIONS IN SAND LOADED BY VERTICAL TENSION FORCE. *Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment, IAEG, Athens*, vol. 5, pp. 3859-3864, 1997
- [5] Koprivica, S.: THE UPLIFT CAPACITY OF SHALLOW PLATE ANCHORS IN SAND. *Proceedings of the International Conference on Foundation Failures*, Singapore, pp. 427-434, 1997
- [6] Koprivica, S.: THE UPLIFT CAPACITY OF SHALLOW PLATE ANCHORS IN CLAY. *Proceedings Eighth International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment, Vancouver*, pp. 3303-3307, 1998
- [7] Rowe, R. K. & Davis, E. H.: THE BEHAVIOUR OF ANCHOR PLATES IN CLAY. *Geotechnique* 32. No. 1, 9-23, 1982
- [8] Sarač, Dž.: THE UPLIFT CAPACITY OF SHALLOW BURIED ANCHOR SLABS. *XII ICSMFE, Vol. 2. Rio de Janeiro*, 1213-1216, 1989

BEARING CAPACITY OF THE ANCHOR FOUNDATIONS IN CLAY LOADED BY VERTICAL TENSION FORCE

***Abstract:** This paper gives the theoretical and numerical methods for determination of the uplift capacity of shallow anchor foundations having a horizontal anchor slab loaded by vertical tension force, for plane and for spatial axially-symmetrical strain. The assumed form of the rupture line (based on the experimental research) is the circle line. It has been indicated that bearing capacity of plate anchors in saturated clay (clay with the greater bearing capacity) depends only on embedment depth up to embedment ratio $t/b=4$. Further increase in embedment depth has no influence on bearing capacity of anchors which becomes constant with either tension or pressure force acting on the foundation (Skempton, 1951). Recommendation: In filling anchor shaft with dense sand the bearing capacity, is greater than the greatest bearing capacity in clay 40% , and increases with further enlarged embedment depth for an embedment ratio $t/b=7$, and provides a doubled maximal bearing capacity in saturated clay.*

***Key words:** uplift capacity, shallow plate anchors, vertical tension force, clay, sand.*

ALTERNATIVNI OBLICI NASTAVE MEHANIKE TLA

Kostić Sonja¹
Lovra Eva²
Rind Anzelm³
Simić Branko⁴
Simovljević Boško⁵
Varga Csilla⁶

UDK:624.131:378.147

Rezime: Tokom decembra 2005. godine održan je četvoronedeljni kurs "Online Learning Of Geomechanics" pod pokroviteljstvom fondacije WUS-Austria. Organizator kursa je bio Prof Petar Santrač sa Građevinskog fakulteta u Subotici, a predavač je bila Prof. Ruža Ostrogonac, sa "University of Western Australia" u Pertu. Kurs je organizovan u nameri da poduči studente timskom radu, izradi Web-stranice, korišćenju programa "Moodle" za tzv. "Distant Learning", javnoj prezentaciji i da unapredi međusobnu saradnju studenata i nastavnika. Rad je organizovan sa studentima III godine koji su izrazili želju da učestvuju u ovakvoj aktivnosti. Kurs je obuhvatio osam tematskih oblasti iz predmeta Mehanika tla, sa tročlanim timovima. Studenti su timove formirali samostalno, vodeći računa o multi-kulturalnosti i jednakoj zastupljenosti polova. Tokom kursa kao i na završnoj javnoj prezentaciji, korišćen je engleski jezik.

Ključne reči: Timski rad, multi-kulturalnost, WUS-Austria

1. UVOD

Građevinski fakultet u Subotici, imao je priliku da u tri navrata koristi pokroviteljstvo fondacije "World University Service Austria" (WUS-Austria). Fondaciju finansira Vlada Republike Austrije, sa ciljem da pomogne i ubrza reforme univerziteta i usmeri ga ka svetskim standardima (Bolonjska deklaracija). Delovanje se odvija kroz razne oblika saradnje sa fakultetima, kao što su Brain Gain Program (BGP), Course Development Program Plus (CDP+), E-Learning Program i Balkan Case Challenge (BCC). U toku 2003-2005. godine, održano nekoliko kurseva BGP-a: Visual Communications, Engineering Structures, Final Year Thesis i Online Learning Of Geomechanics.

¹ Kostić Sonja, student, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, email: sonjak@yahoo.com

² Lovra Eva, student, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2/a, e-mail: lovra_eva@yahoo.com

³ Rind Anzelm, student, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, e-mail: ranzelm@freemail.hu

⁴ Simić Branko, student, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, e-mail: simke015@yahoo.com

⁵ Simovljević Boško, student, Građ. fakultet Subotica, Kozaračka 2a, e-mail: boskosimovljevic@gmail.com

⁶ Varga Csilla, student, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, e-mail: csylla@tippnet.co.yu

Osnovna ideja BGP-a je da nastavnike, koji su nekada radili na univerzitetima u Srbiji a sada su u inostranstvu, angažuje u trajanju od 1-4 nedelje za kraće kurseve. Time se omogućava nastavnicima i studentima u Srbiji, da kroz direktan kontakt dobiju važne informacije i savremena znanja iz različitih oblasti.

Gostujući predavač je bila Prof. Ruža Ostrogonac-Šešerko, dipl.inž.arh. sa Univerziteta Zapadna Australija u Pertu. Za vreme njenog boravka na Građevinskom fakultetu u Subotici, kroz predmet Mehanika tla, sistematično je razvijan vrlo interesantan pristup učenju, kroz timski rad studenata. Kompletan materija koja je predmet proučavanja na redovnom kursu iz Mehanike tla podeljena je na osam tematskih jedinica. Svaki tim je obrađivao jednu temu. Tematske celine su bile: Terenski istražni radovi, Osobine tla i metode ispitivanja, Uticaj vode u tlu, Naponi i deformacije, Smičuća čvrstoća tla, Vertikalni naponi i sleganja, Pritisci tla i Nosivost temeljnog tla.

Specifičnost rada je bila u tome što je uz udžbenike [2],[3],[4] student morao samostalno pronalaziti dodatne podatke i informacije za izabranu oblast. Studentima je tokom rada bio dostupan internet, a potrebnu pomoć su imali od rukovodilaca kursa. Svaki tim je imao obavezu, da uradi Web prezentaciju teme i da pripremi završnu javnu prezentaciju. Saradnja i komunikacija između članova tima, timova međusobno i sa rukovodiocima kursa, osim direktnog odvijala se i po sistemu "Distant Learning". U tu svrhu je korišćen program "Moodle", tako da je pristup resursu bio otvoren za široku javnost. Svi vidovi komunikacije tokom kursa, bili su na engleskom jeziku.

2. O TIMSKOM RADU

Bitna specifičnost ovog projekta je timski rad. Na samom početku bitno je podvući razliku između grupe i tima, a to je da za razliku od grupe, tim predstavlja rezultat svrsishodnog izbora članova na bazi ciljno postavljenih kriterijuma. Timski rad započinje kada treba rešiti neki složen problem koji ima multi-disciplinarni karakter.

Pri formiranju tima, vrlo je važno poznavati karakter, osobine, sklonosti i mogućnosti svakog člana, kako bi se moglo izvršiti efikasno planiranje i podela zaduženja. Poštujući principe formiranja i rada tima, svaki član je dobio određene zadatke u projektu što podrazumeva podelu posla i bavljenje određenim aktivnostima. Rad se sastojao u prikupljanju i izboru vrlo obimnog stručnog teksta, u međusobnoj komunikaciji, dogovoru, planiranju, prevodenju, izradi Web-strane i pripremi javne prezentacije.

U toku samog rada, nezavisno od redovnih obaveza na fakultetu, studenti su koristili svaku priliku da posmatraju i analiziraju i rad drugih timova u okruženju. To je razvilo takmičarsku dimenziju projekta, a kao rezultat toga, podignut je kvalitet čitavog projekta, na koji su studenti, kao glavni učesnici bili vrlo ponosni.

Jednu od posebnih okolnosti rada u ovom projektu, predstavljalo je daleko veće angažovanje studenata, dok je rad predavača na izradi projekta bio minoran. Inicijativa je bila na strani studenata, dok su predavači imali samo savetodavnu i instruktivnu ulogu. Studenti su imali veliku slobodu u izboru materijala za određenu temu. Njima je

povereno da izaberu, osmisle i prikažu svoj rad u formi za koju se dogovore međusobno. Atmosfera tokom zajedničkog rada tima i predavača je bila vrlo mirna i opuštena, bez formalne ex-katedre. Studenti su vrlo pozitivno reagovali na slobodu koja im je pružena i koja im je ostavljala vrlo širok prostor za ispoljavanje lične i kolektivne kreativnosti.

Treba istaći da su studenti za vreme rada na projektu, imali značajnu pomoć u priručniku "Team Work" [1] koji je zapravo diplomski rad jedne studentkinje sa fakulteta Zapadna Australija. Priručnik je pisan tako da studenta postupno uvede u filozofiju timskog rada. Studentima je ovim projektom pružena mogućnost da se iskažu kroz timski rad, da razmenjuju svoje poglede i razmišljanja, da komuniciraju kroz tim, između timova, sa nastavnicima, te da postanu svesni svojih sposobnosti kao društveni subjekti.

Projekat je studentima pružio iskustvo timskog rada, iskustvo u pripremanju kolektivne i lične prezentacije i bar ih delimično pripremio za izazove koje ih očekuje u životu, kroz sveopšte otvaranje ka svetskom tržištu rada i znanja.

3. KAKO NAPRAVITI WEB – STRANU

Većina učesnika ovog projekta, prvi put se srela sa zadatkom da obiman materijal, elektronski uobličiti i formira u jednu skladnu celinu te da je prikaže kao Web-stranicu. Kroz zajednički rad i pomoć iskusnijih studenata, efikasno su savladani osnovni alati [5]. Sa programa za dizajniranje Web-stranice, kao što su Macromedia Dreamweaver, Microsoft Frontpage, Swish Flash Animator ili Macromedia Flash Animator 8, pred motivisanim i studentima vrlo brzo je spao veo nepoznatog. Svaki tim je radio na svojoj Web-stranici na kojoj su jasno iskazali svoje umeće u okviru tematske oblasti.

Prvi koraci, kao uostalom uvek, nisu bili laki. Neki timovi su pokazali veću maštovitost, bili su spretiniji i brži u nekim elementima od drugih. Između timova uvek postoji takmičarski duh, koji nikog ne ostavlja ravnodušnim. Puno se nauči posmatrajući druge i svako se trudi da iz sebe izvuče što više i da to ugradi u zajednički rad. Inspiraciju i ideje za Web-strane, studenti su tražili na profesionalnim internet stranicama. Ono što im se dopalo, ugrađivali su u svoje internet stranice. Svi osećali izazov konkurencije, koja je iz njih izvlačila znatno više nego što su u prvi mah bili spremni ponuditi.

Fakultet je pružio prostor, računare i pristup internetu, nastavnici su bili logistika, dok su studenti odrađivali najveći deo posla samostalno. Ono što nije urađeno na fakultetu, odrađivano je u studentskim domovima, kod kuće ili negde gde je postojao računar i pristup internetu. Kada nisu bili zajedno, članovi tima su bili u kontaktu preko interneta, što se ipak pokazalo manje efikasno od direktnog kontakta. Da bi obavili zadatak, morali su ga podeliti na manje celine koje bi obrađivali individualno, uvažavajući pri tom mišljenje i ukus drugih članova tima. Nisu svi podjednako vladali engleskim jezikom, što je presudno za pretraživanje baze podataka na internetu.

Do izražaja su došli mnogi pozitivni kvaliteti, kao što su odgovornost, savesnost, planiranje vremena, solidarnost, saradnja i strpljivost. Tim je nakon izvesnog vremena funkcionisao vrlo efikasno. Na početku se ne zna najbolji pravac niti najkraći put,

međutim kako je vreme odmicalo, cilj je postajao jasniji, iskustvo je raslo i konačno je rezultiralo izradom web-stranice koja je postavljena na web-sajt Građevinskog Fakulteta u Subotici (<http://www.gf.su.ac.yu>).

4. PRIPREMA PREZENTACIJE

Ključna tačka projekta je bila priprema i javna prezentacija timskih radova. Plodovi tronedelnog pionirskog rada, morali su biti prikazani u obliku konferencije u svečanoj sali fakulteta. Osnova za prezentaciju je bila web-stranica, literatura i predavanja iz mehanike tla. Rad na pripremi prezentacije, poput pripreme web-strane, odvijao se i izvan fakulteta, u studentskom domu, kod kuće, vrlo često do kasno u noć. U vremenu od 10-12 minuta, timovi su morali prikazati radove na engleskom jeziku. Bio je ogroman napor osmisliti, pripremiti i održati prezentaciju na engleskom jeziku.

Studenti su samostalno morali izvući suštinu iz rezultata svog rada i uklopiti ga u interesantan i kratak prikaz. Prve varijante su po pravilu bile predugačke, nisu se uklapale u vremenski okvir i bilo je vrlo teško prepoznati i izdvojiti najbitnije stvari. To je bio susret sa nečim potpuno novim, bez prethodnog iskustva i uvek nedovoljno vremena da se pripremi i osmisli svaki detalj. Kako se priplizavao dan prezentacije, nervoza je rasla a trema od nastupa na engleskom jeziku, pred poznatim licima studenata i profesora, pred stručnim žirijem, unela je kod većine studenata vidnu tremu.

Naravno, studentima su tokom rada date osnovne instrukcije za uspešnu prezentaciju. Ukazano je na veliku važnost vizuelnog kontakta sa publikom, na pokrete ruku, pokrete tela, sigurnost u nastupu, sigurnost i tečnost u izlaganju, na intonaciju i tome slično. Profesorica Ostrogonac je uložila velik trud da studente pripremi i ohrabri u nastupu, da ih nauči kako da savladaju i kontrolišu tremu. Korisne su bile razne tehnike, kao npr. diskretni podsetnici (palm-cards) na kojima su naznačeni važni momenti u prezentaciji.

Priprema za prezentaciju, podsećala je na uvežbavanje pozorišnog nastupa. Timovi su imitirali nastup, ponavljajući iznova prezentaciju, vodeći računa o svojim pokretima, vodeći računa o tome da ne zaklanjaju svoje saradnike ili prezentaciju, da se istakne trenutni govornik i još puno toga. Neki timovi su osmislili čitavu koreografiju u pojedinačnim nastupima i smeni govornika. Sve je trebalo uskladiti, pokrete, nastup, sliku, tekst, jednostavne eksperimente, a neki timovi su pripremili i promotivni CD.

I kako to biva, trema uvek kulminira pred nastup i iščezne tokom prezentacije. Prisutni nastavnici i članovi žirija, uložili su napor da ne izgledaju strogo i da ohrabre timove. Tokom tronedelnog rada, praćen je i ocenjivan rad timova, da bi se nakon javne prezentacije formirala konačna ocena i uradila evaluacija. Posebno je nagrađena najbolja web-stranica i najbolja prezentacija, dok su svi timovi dobili simbolične poklone. Opšti je utisak svih učesnika, da je projekat ispunio očekivanja i da je studentima ponuđena nova dimenzija učenja. Poruka za studente je bila jasna, da osim isključive sposobnosti reprodukcije predavanja, za uspešnu stručnu karijeru, podjednako je važno razvijati i niz drugih veština, kao što su opšta kultura, govorništvo, govor tela i znanje stranih jezika.

5. ZAKLJUČAK

Postoje razni načini da se steknu i utvrde nova znanja. U Srbiji je danas uglavnom prisutan klasičan kliše obrazovanja. Delom zbog neadekvatne opreme, a većim delom zbog slabe motivacije i inertnosti nastavnika, nove metode obrazovanja se vrlo sporo uvode u proces obrazovanja. Smatramo da bi veći broj sličnih projekata, znatno više motivisao i zainteresovao studente za rad, što bi u krajnjoj liniji dovelo do bolje radne atmosfere i za same nastavnike, a studiranje učinilo znatno efikasnijim i kraćim. Studenti su pokazali, da paralelno značajnim obavezama na fakultetu, uz dobru motivaciju, mogu raditi i mogu pružiti mnogo više nego u okviru isključivo klasičnog obrazovanja.

LITERATURA

- [1] Ruth Seetoh: Team Guidelines Workbook, UWA, Perth, 2005.
- [2] M. Maksimović: Mehanika tla, Građevinska knjiga, Beograd, 2000.
- [3] E. Nonveiller: Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga, Zagreb, 1981.
- [4] A.Kézdi, J.Farkas: Talajmechanika és alapozás, Műegyetem Kiadó, Budapest, 1995.
- [5] <http://www.qwlearning.com/dreamweavertutorial>
<http://www.qwlearning.com/frontpagetutorial>
<http://www.qwlearning.com/powerpointtutorial>
<http://www.qwlearning.com/freehtmtutorial>
<http://www.perforce.com/perforce/doc.052/manuals/p4ftp/p4ftp.pdf>
http://www.indichosts.net/tutorials/moodle/moodle_themes.html
<http://www.icivilengineer.com>
<http://www.geology.iupui.edu>
<http://www.civil.columbia.edu>

ALTERNATIVE TEACHING METHODS IN SOIL MECHANICS

Summary: *During the year 2005, in December, a four-week "Online Learning Of Geomechanics" course, under the sponsorship of WUS-Austria Foundation was held. Professor Petar Santrac, of the Faculty of Civil Engineering in Subotica was the course organizer, and professor Ruza Ostrogonac, of the University of Western Australia in Perth was the course lecturer. The course was organized with an intent to instruct students towards team work, Web-page composing, the use of "Moodle" program for distant learning purposes, how to hold a public presentation and to improve mutual cooperation among students and teachers. The work was organized with 3rd year students which expressed a wish to part take in such an event. The course comprised of eight topics from the subject of Soil Mechanics, that were assigned to three-membered teams. The students divided up in teams on their own, having in mind equal distribution of sexes and cultures. The official language of the course, and the final public presentation, was English.*

Key words: *Team work, multi-cultural, WUS-Austria*

DEFORMACIJE I POMERANJA U ZONI PLASTIFIKACIJE OKO TUNELSKOG ISKOPA

Dragan Lukic¹
Petar Anagnosti²

UDK:624.044:624.195

Rezime: Ispitivanja karaktera plastičnih deformacija i pomeranja ukazala su da zakoni tecenja koji proisticu iz uslova normalnosti vektora brzine plasticnog tecenja na površ uslova plasticnosti nisu saglasni sa izmerenim realnim vrednostima. Zbog toga su formirani hibridni modeli koji se zasnivaju na raznim oblicima uslova plasticnosti, uz mogućnost plasticnih deformacija sa pojavom dilatancije tj. povecanja zapremine plastificirane zone oko otvora (iskopa) u napregnutoj stenskoj masi. U radu se analiziraju deformacije i pomeranja unutar navedene plasticne zone uz uzimanje u obzir dilatancie.

Ključne reci: deformacije, pomeranja, plasticna oblast, dilatancija

1. UVOD

Analize deformacija i pomeranja oko otvora (iskopa) u napregnutoj stenskoj masi u slucaju kada je nastupila plastifikacija odnosno postizanje uslova granicne ravnoteze zapocinjemo sa resenjem Druckera, koje sadrzi asocijativni uslov normalnosti vektora brzine plasticne deformacije na površ uslova loma. Medjutim, merenja su pokazala da se lom stenske mase odvija kao da je Poasonov koeficijent pri tome veci od 0.5, tj. kao da se javlja porast zapremine plasticne oblasti. Ovaj porast zapremine stenske mase pri lomu koji je uslovlje smicanjem, definisan je kao dilatancija (eng. dilatancy).

U cilju uporedjenja razlicitih resenja u analitickom modelu ponasanja stenske mase pored Drucker-ovog prikazana su i druga resenja koja su zasnovana na postojanju dilatancije, koja je merljiva tokom opita loma stenske mase smicanjem.

Prikazani analiticki modeli obuhvataju sledeca resenja za plastične deformacija i pomeranja unutar navedene plasticne oblasti:

1. Drucker-ovo (asocijativno) resenje
2. Descoedre-ovo resenje sa dilatancijom
3. Ladanyi-jevo resenje sa dilatancijom

Resenja 2. i 3. su sa neasocijativnim zakonima plastične deformacije (tecenja).

¹ Doc.dr Dragan Lukic, Gradjevinski fakultat Subotica, Kozaracka 2a, tel: 554-300, e-mail: drlukic@grf.bg.ac.yu

² Prof.dr Petar Anagnosti, Gradjevinski fakultet Beograd, Blevar Kralja Aleksandra 73, tel: 658-624, e_mail: petan@beotel.yu

1. DRUCKER-OVO RESENJE

Resenje Druckera[1] se zasniva na asociiranom zakonu tecenja, uz uslov plasticnosti, u obliku

$$\varepsilon_{ij}^p = \lambda \frac{\partial f_p}{\partial \sigma_{ij}} \quad (1)$$

gde je f_p bilo koji (usvojen) uslov plasticnosti za izotropnu i intaktnu stensku masu
 λ nematerijalni parametar proporcionalnosti
 ε_{ij} i σ_{ij} su tenzori malih deformacija i napona

Kada se Kulon-Mohr-ov uslov loma definise u obliku

$$\sigma_1 = N\sigma_3 + \beta_{pr}^{CM} \quad (2)$$

odnosno uslov plasticnosti

$$f_p = \sigma_1 - N\sigma_3 - \beta_{pr}^{CM} \quad (3)$$

gde je: β_{pr}^{CM} - jednoaksjalna cvrstoca na pritisak sredine definisana preko

parametara cvrstoce: $2c \cos\phi / (1 - \sin\phi)$

N - velicina definisana preko ugla unutrasnjeg trenja: $(1 + \sin\phi) / (1 - \sin\phi)$

Na osnovu (1) i (3) u cilindričnom sistemu koordinata (r, t, z) dobijaju se parcijalni izvodi u obliku

$$\varepsilon_r^p = -\lambda N; \quad \varepsilon_t^p = \lambda; \quad \varepsilon_z^p = 0 \quad (4)$$

Iz relacija (4) se dobija:

$$\varepsilon_r^p = -N \varepsilon_t^p \quad (5)$$

Za male deformacije mogu se visi izvodi zanemariti pa se dobija

$$\varepsilon_r^p = -N \varepsilon_t^p \quad (6)$$

Uvodjenjem uslova kompaktilnosti deformacija, za slucaj rotaciono simetricnog opterecenja i homogeno izotropnog ponasanja plasticne sredine dobija se diferencijalna jednacina u obliku:

$$\frac{d\varepsilon_t^p}{dr} + \frac{N+1}{r} \varepsilon_t^p = 0 \quad (7)$$

uz granicne uslove $r = r_L$, $u_L^p = u_L^e$ gde je L - spoljnja granica plasticne zone

u radialnoj simetriji je $u = r\varepsilon_t$ i kad se izvrsi smena (6) u (7) dobija se sledeca diferencijalna jednacina:

$$\frac{d\varepsilon_t^p}{dr} + \frac{N+1}{r} \varepsilon_t^p = 0 \quad (8)$$

Opšte rešenje jednacine (8) trazi se u obliku $\varepsilon_i^p = c r^{-(N+1)}$ i unosanjem granicnih uslova na konturi (L) dobija se konstanta

$$c = r_L^{N+1} \varepsilon_{iL}^e \quad (9)$$

Partikularno rešenje za proizvoljnu tacku izmedju iskopne konture i granice (L)

$$\varepsilon_i^p = \varepsilon_{iL}^e \left(\frac{r_L}{r} \right)^{N+1} \quad (10)$$

Za iskopnu konturu (i) partikularno rešenje je:

$$\varepsilon_{ii}^p = \varepsilon_{iL}^e \left(\frac{r_L}{r_i} \right)^{N+1} \quad (11)$$

Radijalno pomeranje iskopne konture se dobija u obliku

$$u_i = r_i \varepsilon_{ii}^p = \varepsilon_{iL}^e \left(\frac{r_L}{r_i} \right)^{N+1} r_i \quad (12)$$

Ovo rešenje služi kao ilustracija postupka dobijanja analitickog rešenja problema i komparacija sa ostalim rešenjima moguća je samo u ograničenom obimu za veoma duboko položene iskope (sa malim odnosom r_L prema dubini iskopa), i kada je $K_o=1$. (K_o -odnos primarnih napona u stenskoj masi)

2. DESCOEDRE-OVO RESENJE

U monografiji Descoedre [2] polazi od zakona plasticnog tecenja u obliku

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{rL}^e + \alpha \varepsilon_p = \frac{du}{r} \quad (13)$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{tL}^e - \varepsilon_p = \frac{u}{r} \quad (14)$$

pri čemu su:

α - vrednost koja definiše uticaj dilatancije na plasticne deformacije

ε_p – plasticni deo ukupne deformacije

Eliminacijom ε_p u (13) i (14) se dobija:

$$\frac{du}{dr} + \frac{\alpha}{r} u = \varepsilon_{rL}^e + \alpha \varepsilon_{tL}^e \quad (15)$$

Ako se desna strana jednacine (15) zameni

$$m = \varepsilon_{rL}^e + \alpha \varepsilon_{tL}^e \quad (16)$$

tada diferencijalna jednacina (15) ima opšte rešenje:

$$u = \frac{m}{\alpha+1} r + C r^{-\alpha} \quad (17)$$

Za konturne uslove $r = r_L$; $u_L^p = u_L^e$ dobija se integraciona konstanta

$$C = \left(\varepsilon_{iL}^e - \frac{m}{\alpha+1} r \right) r^{\alpha+1} \quad (18)$$

Smenom $r = r_i$ dobijaju se pomeranja u obliku

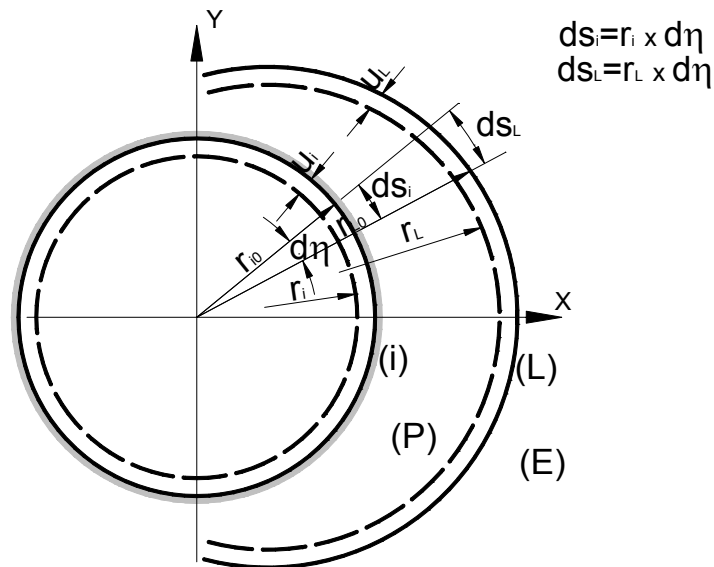
$$u_i = r_i \varepsilon_{ii}^p \quad (19)$$

Uzimajući u obzir relacije (17) i (18), pomeranja (19) dobijaju oblik

$$u_i = r_i \left[\left(\varepsilon_{iL}^e - \frac{m}{\alpha+1} \right) \left(\frac{r_L}{r_i} \right)^{\alpha+1} + \frac{m}{\alpha+1} \right] \quad (20)$$

3. LADANYI-EVO RESENJE

U svom radu Ladanyi [3] polazi od pretpostavke da je unutar plasticne zone ostvarena homogena plastifikacija (Slika 1)



Slika 1. Prikaz plasticne oblasti

Bilans promene površina pre i posle plastifikacije dat je u obliku:

$$\frac{1}{2}(r_L^2 - r_i^2)d\eta = \frac{1}{2}(r_{L0}^2 - r_{i0}^2)(1 + \varepsilon_{sr}^p)d\eta \quad (21)$$

gde je:

$$r_i' = r_{i0} - u_i \ ; \ r_L' = r_{L0} - u_L \quad (22)$$

Ako se u jednačini (21) izvrši smena uzimajući u obzir (22) i ista resi po pomeranju u_i dobija se:

$$u_i = r_{i0} - \sqrt{(r_{i0}^2 - (r_{L0}^2 - r_{i0}^2)\beta - 2r_{L0}u_L + u_L^2)} \quad (23)$$

Ako se izvrši deljenje sa r_{i0} i uvede smena $r_{i0} = r_i$; $r_{L0} = r_L$ dobija se izraz za deformacije:

$$\varepsilon_{ti} = 1 - \sqrt{\left(1 - \left[\frac{r_L}{r_i} - 1\right]\beta - 2\left(\frac{r_L}{r_i}\right)^2 \varepsilon_{tL} + \left(\frac{r_L}{r_i}\right)^2 \varepsilon_{tL}^2\right)} \quad (24)$$

Ako se u relaciji (24) zanemari ε_{tL}^2 kao beskonacno mala velicina drugog reda dobija se:

$$\varepsilon_{ti} = 1 - \sqrt{\left(1 - \left[\frac{r_L}{r_i} - 1\right]\beta - 2\left(\frac{r_L}{r_i}\right)^2 \varepsilon_{tL}\right)} \quad (25)$$

gde je β prirastaj usled pojave dilatance i fizicki predstavlja srednju vrednost zapreminske deformacije.

4. ZAKLJUCAK

U radu su prikazana rešenja za deformacije i pomeranja u plasticnoj oblasti oko kruznog otvora u napregnutoj sredini. Pri tome treba napomenuti da primena nelinearnih uslova plasticnosti ne omogucava dobijanje analitickog rešenja u zatvorenom obliku, pa se koristi neki od postupaka numericke integracije. Zatim, primena asociranog zakona tecenja (Drucker - ovo rešenje) na opstiji slucaj (nesimetričnog primarnog stanja napona u stenskoj masi) nije od interesa, jer se pokazuje da ovo rešenje daje, zbog eksponenta $N+1$, znacajno veci prirast plasticnih radijalnih pomeranja od opazanih, te ima samo teorijsku vrednost (ne i prakticnu).

5. LITERATURA

- [1] Jaeger, J.C., Cook, N.G.: Fundamentals of Rock Mechanics, Science Paperback, 1977.
- [2] Descoedres, F.: Mécanique des roches, Lausanne 1977.
- [3] Talobre, J.: La mécanique des roches, Dunod 1957.

DEFORMATIONS AND DISPLACEMENTS IN PLASTIC ZONE AROUND TUNNEL CAVITY

Summary

The performed studies related to plastic deformations and displacements in rocks indicated that the flow rules based on associative normality of deformation vector to the failure surface are not suitable due to observed disagreement with measured values . To overcome this disagreement other flow rules have been proposed and used on the basis of the appearance of dilatancy i.e. enlargement of the rock volume during shearing failure in the plasticized zone around excavated tunnel cavity.

The presented paper describes and comments some of the solutions used for the estimate of the deformations and displacements in the cited zone.

Key words: *deformations, displacements, plasticized rock zone, dilatancy.*

IZVEDBA AB-DIJAFRAGME ZA OSIGURANJE TEMELJENJA OBJEKTA »EURO-DOM« U OSIJEKU

Siniša Maričić*¹
Martina Tomašević*²
Ivana Barišić*²

UDK:624.137.7:624.151

Sažetak: »Euro-dom« je višenamjenski, poslovno-kulturni, objekt u središnjem dijelu grada Osijeka. Radi se o složenoj zgradi sa četiri podzemne etaže i dvanaest nadzemnih. Gradilište je otvoreno i započelo se s radovima početkom 2005. godine.

U radu se navode neke specifičnosti te izvedeni pripremni radovi ove vrijedne i složene građevine u urbanoj sredini. Detaljnije se predstavlja izvedba 33 m duboke dijafragme osiguranja građevinske jame, duge preko 500 m, te iskopni radovi velikih razmjera. Prikazom bitnih inženjerskih karakteristika osiguranja dubokog temeljenja sa svojim lokalnim specifičnostima želi se predstaviti ovaj veliki inženjerski zahvat u našoj regiji. Također, želi se i ukazati na probleme koji prate ovakvu vrstu radova.

Po dimenzijama građevinske jame i uvjetima izvedbe temeljenje »Euro-doma« je imponantan građevinski posao koji prevazilazi regionalne okvire te se ističe i šire. To je još jedna i to dobra potvrda sposobnosti naših građevinara.

Ključne riječi: Euro-dom, duboko temeljenje, osiguranje građevne jame, dijafragma

1. UVOD

Osječki Radnički dom, koji je mnogim generacijama ostao u sjećanju i za kojim je nakon njegova rušenja ostala velika praznina na mjestu s kojeg je uklonjen, uskoro će dobiti svog nasljednika - objekt »Euro-dom«, primjeren vremenu svog nastanka. »Euro-dom«, poslovno-kulturni centar, smješten je u širem središtu grada, uz raskrižje dvije najprometnije ulice u Osijeku. U neposrednoj blizini samog objekta nalazi se Studentski centar te, svojom veličinom i oblikom, značajni stambeni objekti. Upravo su to razlozi koji su potaknuli investitore na realizaciju ovog objekta.

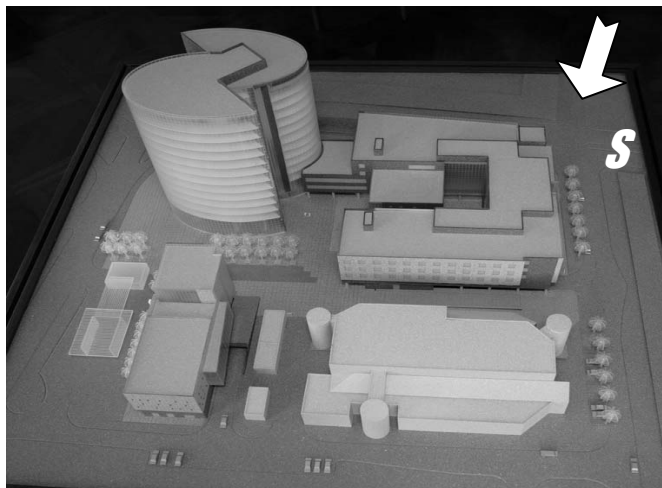
Realizacija projekta »Euro-dom« počela je potpisivanjem ugovora između Grada Osijeka, Euroherc osiguranja d.d. Zagreb, Jadranskog osiguranja d.d. Split i Eurograma d.o.o. Zagreb, koji su odlučili financirati ovaj iznimno važan projekt. Svojevrsna zanimljivost je i sam naziv »Euro-dom«, koji je nastao kao simbioza imena »Euroherc«, »Radnički dom«. Projektom je predviđeno ostvariti 87 000 m² korisnog prostora, a što to znači u gospodarskom smislu dovoljno govori podatak da je investicija teška oko 62 milijuna €..

* Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, Drinska 16a, 31 000 Osijek, R. Hrvatska,

¹ dipl. inž. grad., mr. sc., viši predavač, (smaricic@gfos.hr) tel: --385 31 274 377, fax: --385 31 274 444

² studenti IV. godine Građevinskog fakulteta

U svibnju 2004. g. proveden je natječaj za idejno-urbanističko rješenje na kojem je peteročlani ocjenjivački sud odlučio prvu nagradu dodijeliti arhitektima Mariji Mihalić i Nikici Ličini iz Zagreba. Rješenje je ilustrirano slikom 1.



Slika 1: Animacija budućeg objekta Euro-dom

Kompleks će sadržavati trgovačko-poslovne prostore, višenamjensku dvoranu sa 500-600 mjesta, manji hotel sa 75 dvokrevetnih soba i svim pratećim sadržajem odnosno prostorima za uslužne djelatnosti, pješačkim trgovom, pasažom, pristupima i prilazima te uređenim zelenim površinama. U četvero-etažnom podzemnom dijelu tri su etaže predviđene kao garažno-parkirališne u čemu se vidi rješenje problema parkiranja u ovom dijelu grada.

Odmah je bilo uočljivo da se radi o velikom građevinskom zahvatu kojeg karakterizira vrlo duboko temeljenje i kompleksna izgradnja velikih korisnih površina. Nakon sređivanja projektne dokumentacije, ishoda potrebnih dozvola i ugovaranja izvođenja, početkom 2005. otvoreno je gradilište i započelo se s radovima. Namjera je ovog rada predstaviti ovaj građevinski pothvat. Uvodno su navedene osnovne karakteristike predviđene izgradnje, a slijedi navođenje nekih prethodnih radova te prikaz izbora i realizacije osiguranja građevinske jame.

2. PRIPREMNI RADOVI

a) **Geomehaničke istražne radove** izvela je tvrtka »Geoistraživanje« d.o.o. Osijek u suradnju sa IGH PC u Osijeku u čijem laboratoriju je izvršena analiza uzoraka tla. Uzorci tla izvađeni su iz 12 istražnih bušotina, koje su bile raspoređene po cijelom građevinskom zemljištu. Dubina istraživanog profila uglavnom je iznosila od 18 m do 22 m, ali su neke bušotine sezale i do 30 m dubine. Za definiranje pojedinih profila izvršena su slijedeća ispitivanja: određivanje granice tečenja, granice plastičnosti te indeksa

plastičnosti; određivanje gustoće čvrstih čestica tla; određivanje gustoće tla i vlažnosti tla; određivanje sadržaja organske tvari i CaCO₃; određivanje granulometrijskog sastava tla; određivanje posmične čvrstoće tla izravnim posmikom u konsolidiranim i dreniranim uvjetima; određivanje jednoosne tlačne čvrstoće tla; određivanje koeficijenta vodopropusnosti. Radi potvrde i adekvatne dopune dobivenih rezultata izbušena je dodatna bušotina do dubine 40 m, a analiza tih uzoraka tla samo je potvrdila ranije dobivene rezultate. Presjek svih profila (»srednji profil) daje strukturu tla koja se, idući od površine ka unutrašnjosti, sastoji se od slojeva danih tablicom 1.

DUBINA [m]	SIMBOL	KLASIFIKACIJA MATERIJALA
< 6,0	C/M	Anorganska glina
6,0-8,4	SFs	Pjeskovito-prašinasta mješavina
8,4-14,5	CL	Prašinasta glina
14,5-20,1	SFs	Pjeskovito-prašinasta mješavina
> 20,1	SU	Uniformni pijesak

Tablica 1: »Srednji profil« profil tla na lokaciji građenja

Temeljem analize uzoraka tla na budućem gradilištu objekta moglo se zaključiti da je tlo tipično slavonsko: glineno-pjeskovito. Od svih izvršenih ispitivanja najviše se pozornosti posvetilo koeficijentima vodopropusnosti i stanju podzemnih voda. Podzemna voda je detektirana na dubini od šest metara. Geomehanička svojstva tla i utvrđeno stanje podzemnih voda ukazivali su na moguće probleme kod izrade temelja, koje bi trebalo izvesti na dubini od 17 m u odnosu na postojeću razinu terena. Moguće rješenje se odmah naziralo u izvedbi adekvatne dijafragme (konsolidiranog glineno-cementnog sloja) za sprječavanje prodora podzemne vode u građevnu jamu. Iz analiza geomehaničkih karakteristika i zgusnutosti raspoloživog prostora (mnoštvo urbanih neposredno graničnih sadržaja, a težnja velikoj izgradnji) proizašlo je rješenje osiguranja temeljenja sa armirano-betonskom, usidrenom dijafragmom.

b) Izmještanje prepreka - da bi se moglo započeti kopanje jame za osječke blizance, moralo se izvršiti premještanje komunalne infrastrukture i drugih prepreka. Premještanje vodovodnih i kanalizacijskih cijevi izvršili su djelatnici poduzeća »Vodovod-Osijek«, d.o.o., a telekomunikacijske- i elektro-instalacije djelatnici tvrtke »Crosco«, INA-grupa iz Ivanić grada. Sve instalacije premještene su na istočni i sjeverni rub parcele. Na istočnom rubu parcele nalazila se kulturno-povijesna znamenitost Osijeka, Kapelica kamenog križa iz 1780. godine. Izmještena je te će biti restaurirana i vraćena nazad.

c) Uređenje gradilišta - predviđene su i uređene dvije pristupne ulazno-izlazne lokacije. U prvoj etapi (iskop do kote terena -5,0 m) pristup je bio sa zapadne (prema Istarskoj ulici) zbog slabijeg prometa i sa istočne strane (prema Trpimirovoj ulici), a u drugoj i trećoj etapi (-10,0; -16,0 m) zatvoren je prilaz sa zapadne strane, a sav promet prema gradilištu se odvijao sa istočne strane (prema Trpimirovoj ulici) zbog svladavanja veće visine i omogućavanja većeg radijusa prilazne rampe (omogućavanja vozilima izlazak iz duboke jame).

3. OSIGURANJE I IZVEDBA GRAĐEVNE JAME

a) **Osnovne karakteristike dijafragme** - za osiguranje iskopa građevne jame projektirana je izvedba AB dijafragme koja opasava cijelo gradilište. Radi se o armirano-betonskom tijelu s dvostrukom ulogom: jedna je potporna (okolnom tlu i objektima), a druga je barijerna (podzemnoj vodi). Na osnovu utvrđenih uvjeta u tlu i samog projekta budućeg objekta proračunom su dobivene dimenzije dijafragme. Prvenstveno su proizašle iz potporne uloge gdje se razmatrao visoki armirano-betonski zaštitni zid usidren u okolno tlo. Projektirana je izvedba 0,8 m široke betonske dijafragme do dubine 33,0 m od površine. Armiranje je dvostrano duž gornjih 28,0 m, a posljednjih 5,0 m je nearmirano. Ukupna dužina ovakvog zaštitnog tijela od 513,05 m omogućava nesmetano izvođene temelja budućeg objekta. Veličina i značaj ovog pomoćnog objekta može se iskazati količinom ugrađenog materijala. Ugrađeno je 11 000 m³ betona marke MB35 (spravljenog s 400 kg cementa, dakle pojačanom količinom zbog opasnosti od ispiranja) te 700 000 kg armature tipa RA400/500, Φ 28.

b) **Građenje dijafragme** - je započelo nakon iskopnih zemljanih radova kojima je spuštena kota terena na -2 m. Tada se pristupilo izvedbi dvostranog L-profilnog betonskog zida (uvodnog kanala) visine 1 m s ulogom vođenja i zaštite kod iskopa rova za dijafragmu. Uslijedio je iskop specijalnom mehanizacijom - kranom sajlašem (Liebherr) sa uskom dvostranom grabilicom. Pri iskopu se koristila bentonit masa za zaštitu rova dijafragme od urušavanja. Bentonit se pripremao u specijalnom pogonu smještenom u središnjem dijelu gradilišta, a nakon betoniranja dijafragme je odvezen s materijalom iz iskopa. Iskop i izvedba dijafragme rađeni su po principu primarno-sekundarnih segmenata duljine 4-5 m. Kao razdjelna oplata između segmenata korištene su čelične cijevi okruglog poprečnog presjeka. Armiranje je vršeno s unaprijed pripremljenim armaturnim koševima. Oni su formirani i dopremani u dva dijela, a spajanje je izvedeno zavarivanjem na licu mjesta. Armaturni koševi su na sebi imali adekvatno pričvršćena kućišta sa ostavljenim i osiguranim otvorom za ugradnju sidra.

c) **Iskop građevne jame** - zadužena je tvrtka »Eurco« d.d. iz Vinkovaca. Sav glineni materijal od blizu 200 000 m³ odvožen je do obližnjeg naselja Bilje (5 km) i iskorišten za zatrpavanje prirodne depresije (nekadašnji riječni rukavac). Sa učestalijim odvozom iskopane zemlje, došlo je do potrebe postavljanja suvremenog sustava za pranje pneumatika kamiona na prilaznoj cesti od gradilišta s Trpimirove ulice. Još jedan problem koji su zadali veliki građevinski strojevi bilo je uznemiravanje stanovnika okolnih ulica bukom. Zbog rada u tri smjene i velike buke, svi strojevi su dobili prigušivače te se na taj način radna buka svela na zakonski dopuštenu razinu.

d) **Karakteristike sidrenja** - napretkom iskopa, plivajuća dijafragma postajala je jednostrano opterećen potporni zid. Za osiguranje njegove stabilnosti predviđena su tri reda sidara. Ovisno o napredovanju iskopa vršeno je usmjereno bušenje tla kroz prethodno fiksirana kućišta, a potom postavljanje sidara, injektiranje bušotina te učvršćenje glava. Prvi red sidara (207 komada) postavljen je na koti od -5 m, duljine 22 m, pod kutom od 15° kao i drugi red sidara (402 komada) koji je na dubini -9.5 m, duljine 20 m. Treći red sidara (461 komad) postavljen je na koti -14 m, duljine 18 m, pod kutom 20°. Sva sidra su injektirana na potezu 8 m smjesom s cementom kao vezivom, spravljenom prema recepturi ovlaštene ustanove.

e) **Evakuacija vode iz građevne jame** - prije početka iskopa građevinske jame na gradilištu su u dijagonalnom smjeru (smjer jugo-zapad / sjevero-istok) u tri bušotine postavljeni pijezometri. Pomoću njih se prati kretanje razine podzemne vode – jedan za praćenje površinskih voda koje se procjeđuju kroz glinu, te dva za praćenje dubinskih podzemnih voda. Razina podzemnih voda se prati svakodnevno od početka radova na iskopu jame. Prema tom izvoru informacija ravna se radom crpljenja kojim se regulira nivo vode u tlu da ne dođe do potapanja gradilišta.

4. POTEŠKOĆE PRI IZVEDBI OBJEKTA I PROMJENE PROJEKTA

Ovako duboko temeljenje obično prate problemi zaštite građevne jame od suvišnih voda, ali kada se gradi u urbanoj sredini dodatne probleme čine skućeni uvjeti izvođenja te slijeganja tla zbog isušivanja koja uzrokuju deformacije na okolnim objektima.

Prvi problemi nastali su već na samom početku radova. Zbog jake i duge zime te velike količine oborina, početak radova je kasnio 20 dana da bi se ukupni zaostatak za predviđenim rokovima oduljio i za 8 mjeseci. Kašnjenju radova je doprinjeo i kvar stroja za iskop dijafragme. Projektom predviđeni stroj je zamijenjen sličnim strojem drugog proizvođača (Stein).

Projektom izgradnje »Euro-dom«-a su predviđena slijeganja od nekoliko pa i oko 5 cm za što je procijenjeno da nije ugrožena stabilnost postojećih objekata iako se očekuju određene deformacije.

U neposrednoj blizini građevinske jame nalazi se i terasa Studentskog centra. Primijećeno je da je zbog velikih oborina te velikog iskopa građevinske jame došlo do ispiranja tla te je terasa počela slijegati. Kako ne bi došlo do daljnjeg slijeganja i nastanka ozbiljnijeg problema problem je saniran izradom dodatnog potpornog zida. Takve deformacije u vidu popucalih zidova i stropova uočene su i na susjednim zgradama. Čak je došlo i do pucanja vodovodne cijevi uslijed lokalnog slijeganja terena u blizini gradilišta. Daljnja slijeganja i deformacije kriju dosta nepoznanica.

Prilikom ugradnje sidara ponegdje se naišlo na žitke pjeskovite proslojke što je otežalo sidrenje. Ugrađivana su i dodatna sidra, a nezgodni proslojci vjerojatno su smanjili nosivosti pojedinih sidara, što se ponegdje primijetilo već kod ugradnje i zatezanja glava. Nastavak radova po prvobitno zacrtanom projektu, daljnji iskop do –17,0 m dubine, vodio bi u donekle neizvjesnu situaciju s obzirom na količinu vode i probleme zbog slijeganja, a izgubila bi se cijela naredna građevinska sezona. Stoga se odlučilo promijeniti projekt u smislu smanjenja podzemnih iskopa za jedan metar. Tako će se umjesto četiri podzemne etaže graditi tri uz jednu polu-etažu za instalacije, tj. stalo se sa iskopom građevne jame na –16 m. Ta odluka omogućava ubrzi nastavak druge faze izgradnje objekta. Zbog utvrđenih proslojaka pijeska pristupa se zamijeni materijala. Postojeći materijal zamjenjuje se kamenom tucanikom u sloju od 1,0 m. tako dobivamo donju kotu temelja -15,0 m. Tako pripremljeno tlo daje dobru podlogu za debelu temeljnu ploču (deku) objekta debljine 1,5 m. trenutni dinamički plan izgradnje predviđa završetak izvedbe temeljne ploče do sredine srpnja tekuće godine. Usporedno (u lipnju) može početi i gradnja samog objekta, čiji radovi su planirani u trajanju od 14 mjeseci.

5. ZAKLJUČNO

Za projekt »Euro-dom« se s pravom govori da je jedan od najtežih, ikad rađenih pothvata u Hrvatskoj. Kao zanimljivost ovog objekta, još prije početka radova, isticano je moguće postavljanje pet rekorda: najdublja dijafragma, posebna i po tome što je jedina takva na ovim prostorima; najveća geotehnička sidra koja su ikada napravljena u glinovitom tlu; najdublja građevinska jama u regiji; i peti, da je "Euro-dom", gledano prema površini, najveći objekt na ovom prostoru, odnosno sve do Zagreba. Ne upuštajući se u prosudbu o tome da li su postignuti kakvi rekordi i u kojoj regiji ipak se može konstatirati da se radi o imponzantnom građevinskom zahvatu u kojem građevinska struka pokazuje svoje vrijednosti. Kombiniranje specijaliziranih stručnjaka i firmi u zajednički pothvat te nošenje sa brojnim problemima ovdje su došli do izražaja. Iako se odustalo od prvobitno hrabro zacrtanih dometa, u svijetlu prisutnih okolnosti može se konstatirati da je obavljen dobar posao. To je još jedna, sasvim dobra potvrda sposobnosti naših građevinara.

PODLOGE

Projektna dokumentacija i izvještaji o istraživanjima;
Novinski članci i informacije od izvoditelja radova;
Praćenje napredovanja radova redovitim obilascima.

RC-DIAPHRAGM REALIZATION FOR FOUNDATION WORK PROTECTION OF THE »EURO-DOM« BUILDING IN OSIJEK

***Summary:** »Euro-dom« is a multipurpose-, business and cultural facility in the center of Osijek. It's a complex building that contains four underground levels and twelve stories. Work site was opened at the beginning of 2005.*

Same characteristics of this valuable and complex structure in urban environment and some completed preliminary activities are described in the text. 33m deep and over 500 m long diaphragm for construction site safety, as well as excavation activities of large proportions are presented in details. By presenting some significant characteristics of deep foundation we want to demonstrate this great engineering project in our region. Furthermore, we want to point out some problems that follow this type of work.

»Euro-dom« building is, taking into account the depth and width of its foundations pit and construction procedures, an imposing construction work that surpasses over regional boundaries. It is another acknowledgment of the capacity of construction industry in Croatia.

Key words: Euro-dom, deep foundation, construction site insurance, diaphragm.

VELIKE VODE I NASIPI BARANJE

Siniša Maričić*¹
Tatjana Mijušković-Svetinović*²
Vladimir Patrčević*³

UDK:627.51(439.127)

Sažetak: Na krajnjem sjevero-istoku R. Hrvatske nalazi se regija Baranja. To je ravničarski prostor smješten u kutu koji, svojim koritima, tvore rijeke Drava i Dunav. Ovdajšnje plodne nizine tisućljećima su stvarale ove rijeke, a pri tom su ih povremeno, manje ili više, i poplavljivale. U svom razvoju čovjek je ovdje, ne samo zaposjeo i po sebi uredio nizine, već se i redovito bori sa vodama koje mu ugrožavaju razvoj. U radu se daje pregled nastanka današnjih obrambenih nasipa Baranje. Ukazuje se na njihove osnovne konstruktivne i hidrotehničke karakteristike, nadogradnje sustava, kao i slučajevne probijanja nasipa. Navode se pojave katastrofalnih voda sa osnovnim odrednicama. Daje se osvrt na novije aktivnosti od utjecaja na ovaj obrambeni sustav. Povremeno se treba podsjetiti da rijeke uvijek, nakon nekog vremena, ponovo iznenade čovjeka svojom moći. Redovite analize promjena u slivu, s jedne strane, i stanja obrambenog sustava, s druge, temelj su smanjenja šteta od velikih voda.

Gljučne riječi: Baranja, velike vode, poplava, protupoplavni sustav, prodor nasipa

1. UVOD

Velike vode su pojam za više vrijednosti oborina i/ili vodostaja (protoka) od višegodišnjeg prosjeka. Karakterizira ih punjenje korita otvorenih tokova, pojavljivanje i zadržavanje vode po površini terena, preplavlivanje i površinsko tečenje, probijanje najslabijih barijera širenju vodnog vala te rušenje i odnošenje svega što savladava vodni tok. Velike vode ugrožavaju mnoga čovjekova dobra tako da spominjanje poplava odmah asocira na nešto negativno. Ali, treba uočiti da je plavljenje prirodni proces sa nizom pozitivnih evolucijskih elemenata. Ljudska zajednica je sve mnogobrojnija. Zauzima sve više prostora, a posebno joj je interesantan onaj baš uz vodotoke. U posljednjem stoljeću stanovništvo se utrostručilo, a potreba za vodom je sedam puta veća. Tako pojava određene velike vode izaziva štete za društvo sa sve većim iskazanim iznosom. Posljedice su dalekosežnije kod slabije razvijenih države (štete oduzmu oko sedam posto državnog proračuna dok je kod razvijenih to oko dva posto). Stalno su (prema mogućnostima) prisutna ulaganja u sustave za obranu od poplava, a sve se intenzivira nakon suočavanja sa problemom tj. nakon pojave poplave. [1]

* Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, Drinska 16a, 31 000 Osijek, R. Hrvatska,

¹ dipl. inž. građ., mr. sc., viši predavač, (smaricic@gfos.hr) tel: --385 31 274 377, fax: --385 31 274 444

² dipl. inž. građ., mr. sc., viši predavač, (tatjanam@gfos.hr)

³ dipl. inž. građ., dr. sc., redoviti profesor, (vladimir.patrcovic@zg.htnet.hr)

Prilikom projektiranja i izvođenja obrambenih sustava od velikih voda uspostavlja se zadovoljavajuća zaštita za sagledano stanje, ali u pripadnom slivu su stalno prisutne promjene (prirodne i antropogene) koje utječu i na koncept i na stupanj zaštite. Zbog promjena se nameće potreba da se dinamičnije pristupa sagledavanju i rješavanju problema zaštite od štetnog utjecaja voda. [2, 3]

Na narednom primjeru protupoplavnog sustava (obrana Baranje u Hrvatskoj) mogu se uočiti mnogi opći utjecajni i razvojni elementi. Prvobitna želja autora je bila da u stabilnoj situaciji podsjetite na opasnost od poplava i da djelujući na ljudsku savjest potaknu preventivno djelovanje. Ali, ovogodišnjom pojavom velike vode, došlo je do aktualiziranja problematike i do mogućnosti da se postojeći obrambeni sustav ocijeni kroz djelovanje u realnoj opasnosti.

2. OPĆENITO O BARANJI I POPLAVNIM VODAMA

Hrvatska Baranja je pretežno ravničarski prostor krajnjeg sjevero-istoka R. Hrvatske. To je dio šire regije Baranje smještene na južno-središnjem dijelu Panonske nizine. Hrvatski dio je ograničen državnom granicom te koritima dviju velikih rijeka u obliku kuta u čijem vrhu je ušće Drave u Dunav. Ovdašnje plodne nizine tisućljećima su stvarale ove rijeke, a pri tom su ih povremeno, manje ili više, i poplavljivale. Uglavnom su nizine nastale radom vode Drave čije se korito pomicalo prema zapadu i tu se razlikuju tri terase nizine (holocen – virm) i poloj rijeke. Dunav je, uslijed supsidencijskih pokreta, u virnu, skrenuo u ovo područje i uočava mu se samo jedna terasa. Sjeverno se nalazi asimetrično reljefno uzvišenje - Bansko brdo, okruženo plodnim lesnim zaravnima. Naselja su se razvijala uglavnom na kontaktu terasa i poloja što je rezultat mogućnosti dvojnog gospodarenja – blagodatima tla i vode. [4, 5]

Problemi i štetno djelovanje voda različito se ispoljavaju, [6]. Najveće štete prouzrokuju velike vode glavnih vodotoka neplanski razlivene izvan tzv. branjenog područja. Uglavnom su to vanjske vode nastale izvan razmatranog područja uslijed naglog topljenja snijega i/ili velikih oborina na uzvodnom dijelu sliva. Zbog proboja nasipa i naglih prodora vode moguće su i ljudske žrtve, a plavljenje urbanih i privrednih dobara izaziva posebno velike materijalne gubitke. Za baranjsko područje još su, u tom smislu, interesantne unutrašnje vode nastale zbog većih, dugotrajnijih oborina i sporijeg otjecanja. One natope površinsko zemljište i tako uglavnom uzrokuju štete na poljoprivrednoj proizvodnji kroz propadanje kulturnog bilja i nemogućnost pravovremenog obavljanja ratarskih radova.

3. NASTANAK OBRAMBENOG SUSTAVA BARANJE

Problemi poplavnih područja Drave, Dunava i, slijedećeg najvećeg vodotoka, Baranjske Karašice rješavaju se već gotovo stoljeće i pol (1854. osnovano Nasipsko društvo sa sjedištem u Dardi, [5]. Današnji protupoplavni obrambeni sustav Baranje rezultat je dugogodišnje postepene izgradnje kojoj su pridonijele brojne društvene generacije. Nekako obuhvatniji radovi evidentirani su 1720. godine na potezu Zmajevac – Kopačevo. Značajniji radovi datiraju iz kraja pretprošlog i početka prošlog stoljeća. Prvi

nasipi, začetci današnjeg sustava, bili su niski, ograničene dužine, tj. obilazni za pojedina dobra. Isprva su se nakon loših iskustava povećavali, povezivali, dograđivali i podešavali trasu. Kasnije su se i preventivno, vremenom podizali na viši stupanj zaštite prema mogućnostima stanovništva. U bivšoj Jugoslaviji to su bili najviši nasipi tog tipa. Zato su i prodori tih nasipa donosili velike štete, [7, 8]. Današnji protupoplavni sustav Baranje sastoji se od glavnog dravskog nasipa od državne granice do Osijeka uz lijevu obalu (31,67 km), nasipa Drava - Dunav od Osijeka do Kopačeva (18,65 km), nasipa Zmajevac – Kopačevo uz desnu dunavsku obalu (31,17 km) te nasipa Gomboš – Batina – državna granica (8,55 km). Zbog potrebe i mogućnosti odvodnje vode iz zaobalja, na više lokacija, u tijelo obrambenog nasipa, ugrađeni su hidrotehnički objekti (crpne stanice, ustave, sifoni, čepovi i sl.), [8, 9]. Vodnogospodarski i hidrografski, u Baranji se razlikuju tri cjeline (Iz podataka o njima vide se štćene površine i najbitniji objekti protupoplavnog sustava), [10]:

- a) Dunavski sliv kojem gravitira 547,00 km² površine i branjen je sa 54,17 km nasipa. Niskoležeći dio ovog sliva, veličine 174,00 km², izložen je stalnom utjecaju suvišnih voda koje se evakuiraju iz melioracijskog sustava putem crpnih stanica Podunavlje (1,75 m³/s), Tikveš (5,00 m³/s), te Zlatna Greda (6,00 m³/s).
- b) Dravski sliv površine 331,24 km² u kojem kanal Barbara, paralelan s Dravom, presijeca površinske tokove i gravitacijski ih odvodi u Staru Dravu, te preko ustave Bilje i ustave Kopačevo u Kopački rit i tako u Dunav. Niskoležeći dravski dio je veličine 210,00 km² i omeđen je Glavnim nasipom. U vrijeme povišenih vodostaja Drave i Dunava dio voda iz ovog područja prebacuje se u rijeku Dravu putem crpnih stanica Bakanka (4,30 m³/s) i Velika-Topolik (3,50 m³/s). U prošlom ratu devastirana CS Bakanka potpuno je obnovljena.
- c) Sliv potoka Karašice u Baranji, koji u svom donjem toku dolazi u Hrvatsku iz Mađarske, veličine je 201,5 km². Uzvodno od Batine, Kartašica se ulijeva u Dunav. Ovo slivno područje je branjeno od visokih voda Dunava i Karašice nasipom državna granica – Draž (4,2 km) te uspornim nasipima uz lijevu (25,90 km) i desnu (13,46 km) obalu Karašice. Za niskoležeće platoe izgrađene su crpne stanice: Karašica (1,50 m³/s), Budžak (0,40 m³/s), Puškaš (2,00 m³/s) i Gomboš (0,30 m³/s). Dakle, radi se o nizu nasipa i objekata, međusobno povezanih u protupoplavni sustav Baranje, a sustav je uspješan koliko je jaka najslabija karika na njemu. Kao što se već moglo primijetiti, pojedini dijelovi su nastali ili su rekonstruirani u različitim periodima. Do početka XX. stoljeća već su svi nasipi bili prvoizvedeni. Nakon toga provedene su tri veće rekonstrukcije različito zastupljene na dionicama, a bilo je i manjih dogradnji i promjena trase. Uglavnom su rekonstrukcije zahvatile: period nakon 1926. (velike poplave), pedesete godine iza II. svjetskog rata i sedamdesete godine nakon nekoliko velikih poplava. Zadnja velika rekonstrukcija je provedena od 1978.-1987. godine na dunavskom nasipu Zmajevac – Kopačevo. Posljednjih godina provedeni su radovi na nadvišenju i dogradnji nasipa kod Batine. [7]

4. KARAKTERISTIKE BARANJSKIH NASIPA

Osnovne karakteristike nasipa su trasa protezanja, položaj krune nasipa, materijal i konstruktivni elementi te poprečni profil. **Trasa** dravskih nasipa udaljena je od lijeve obale osnovnog korita prosječno par kilometara sve do grada Osijeka gdje dolazi do

suženja. Trasa izravna desetak krivina osnovnog korita u nekoliko zakrivljenja. Kroz Osijek velika voda se zadržava u glavnom koritu zbog izdizanja i uređenja obje strane obaloutvrdom od betonskih kocki, sa dvije bankine. Oko 14. rkm Drave odvaja se nasip Drava – Dunav i obilazi Kopački rit, koji je tako ostavljen u prirodnom režimu plavljenja. Ovdje se dunavska inundacija širi na oko 8 km što pogoduje mriješćenju riba. Na daljnjem dijelu, sada trase desnoobalnog, dunavskog nasipa, inundacijsko područje od nekoliko kilometara ima neugodno suženje kod Kazuka, gdje se nasip primiče Dunavu na 200 m. **Položaj krune** nasipa definiran je nadvišenjem od 1,2 – 1,3 m iznad izračunate stogodišnje velike vode. Dosadašnji maksimalni vodostaji ukazuju da se taj kriterij primijenio i da ga nasipi svugdje zadovoljavaju osim dravskog poteza gdje je ovo nadvišenje premašeno i za još 1 m (zona buduće HE Osijek). Dakle, svi nasipi nadvisuju 100-godišnju veliku vodu, a smatra se sa bi visinom mogli provesti i 1000-godišnju. **Materijali za izgradnju** nasipa su, generalno gledano, okolni, uzeti sa inundacijske strane. Ovdje je riječ o riječnim dolinama srednjeg i donjeg toka, izgrađenim od aluvijalnih nanosa. Tlo se, načelno, sastoji od dva sloja: relativno tanke krovine (oko 2-10 m) i znatno debljih naslaga pijeska (uglavnom 50-70 m). Od njih se mogu izvesti kvalitetni nasipi uz lokalne poteškoće. Kod »najoskudnijih« profila trebalo je za prednji ekran osigurati bar 1 m debeli sloj zemlje, za dio oko krune 0,6-0,8 m, a za zaštitu pjeskovitog materijala na branjenoj strani bar 0,2 m zaštitnog humusa. Korišten je trapezni **poprečni profil** s blagim nagibom stranica. Širina krune izvođena je da omogućava barem nužan promet (5 m), Pokosi omogućavaju kretanje, dovoljno brz i siguran rad kosilica za travu. Na vodnoj strani pokosi su u nagibu 1:3. Na branjenoj strani takav nagib prelazi u znatno blaži (1:7, 1:100) što je rezultat rekonstrukcija i dodavanja tzv. balasta (proširenje nožice nasipa zbog produženja puta vodi). [7, 8]

VELIKE VODE NA DRAVI I DUNAVU OKO BARANJE						
datum		D. Miholjac		Batina	Osijek	Vukovar
1926.	VII.	402	+	-	480	677 *
1951.	VI.	437	+	+ 532+19	426	-
1954.	VII.	304	+ +	718+19	474	671 *
1965.	VI.	442	+	+ 776+19	542	768 *
1966.	VIII.	457	+	+ 663+19	496	662
1972.	VII.	482	+	- 461+19	471	500 *
1975.	VII.	454	+	+ 730+19	524	711
1988.	IV.	140	-	+ 642+19	382	614
1993.	X.	438	+	- 288+19	296	-
1997.	VII.	158	-	+ 674+19	408	604
2002.	III.	-42	-	+ 628	301	535
2002.	VIII.	147	-	+ 727	437	645
2004.	III.	291	+ +	- 434	248	400
2005.	VIII.	413	+	+ 589	377	563
2006.	IV.	130	-	+ 750	503	719

Vodostaji na Dravi: Donji Miholjac / Osijek
 Vodostaji (cm) na Dunavu: Batina / Vukovar
 ++ koincidencija velikih voda u dvije rijeke
 +19 korekcija vodostaja u Bezdanu
 * registrirani prodori nasipa u Baranji

Tablica 1: Podaci sa relevantnih vodomjera za poplavno stanje u Baranji

5. VELIKE VODE I PRODORI NASIPA

O velikim vodama govori tablica 1, iz koje se vidi da su, po zabilježenim vodostajima, rekordni valovi bili 1926., 1965., 1975. pa 2006. godine. Nije problem pojava visokog

vodostaja već on nastaje ako dođe do proboja obrambenog sustava. Oni su se dešavali kroz povijest i na njima su se sticala iskustva, [8] (u tbl. 1 oznaka *). Zato se stalno rade analize o uzrocima plavljenja i stanju obrambenog sustava, [11, 12]. Povećanu opasnost donosi koindicanje velikih valova Drave i Dunava, [13]. Statistički nije izražena, ali se dešava (u tbl. 1 oznake ++.) Opasnost raste i dužinom trajanja velikih voda (godine 1965. obrana od poplave je trajala 105 dana).

Prvi, nedovoljno visoki, nasipi stradavali su od prelijevanja vode, odrona nasipa, valovanja u zoni krune ili zbog istjecanja kroz životinjske tunele (krtice, bizamski štakor i dr.). Glavna opasnost za nasip je postizanje kritičnog hidrauličkog gradijenta te iznošenje nasipnog materijala. To vodi otvaranju i povećanju »izvora« te nastanku kaverni, slijeganju, prelijevanju i konačno prodoru (veličine cca 150 m). Nastajale su velike jame (duboke i široke). Brzom reakcijom kod pojave provira, zatrpavanjem zemljom, vrećama pijeska, izvođenjem »bunara« oko izvora ili postavljanjem PVC folije na uzvodnoj strani, ponekada se uspije spriječiti katastrofa. [7, 8]

Na područjima Baranje, gdje je došlo do ratnih šteta na vodogospodarskim, pa i obrambenim objektima, stanje je tijekom posljednjih godina značajno popravljeno investiranjem znatnih financijskih sredstava iz kredita Svjetske banke u sanaciju i rekonstrukciju objekata. Štete su bile prouzročene izgradnjom fortifikacijskih objekata u tijelu nasipa i miniranjem istih jer su upravo oni predstavljali prvu crtu bojišnice. Zatim, nastajale su neodržavanjem sustava, otuđivanjem postrojenja i razne opreme na vodogospodarskim objektima (crpne stanice, čuvarnice i dr.). [10]

Ovogodišnje velika voda dostigla je povijesne rekorde, ali je obrambeni sustav izdržao. To je bila prilika za provjeru funkcionalnosti gotovo svih elemenata sustava u realnim kritičnim uvjetima. U cilju vježbe i reklame, »zečjim nasipima« šticeći su i neki manje važni objekti u nezaštićenoj zoni. Ozbiljnija akcija provedena je zbog pojave jednog provira na nasipu Drava – Dunav.

6. ZAKLJUČAK

Sustav protupoplavne zaštite Baranje je na zavidnoj razini. Izgrađen je kroz dugi niz godina i uz velika ulaganja. U njegovom nastanku i rekonstrukcijama, kroz borbu sa vodenim valovima i povremene prodore, stečena su dragocjena iskustva. Novije pojave poplavnih situacija pokazale su da je, nakon posljednjih oštećenja u ratnim okolnostima, predmetni sustav kvalitetno obnovljen. Neki od radova, uglavnom zbog minske opasnosti, još i dalje čekaju svoj red. Uočena je potreba za praćenjem promjena stanja na uzvodnim dionicama sliva. Usljed učestalijih poplava za očekivati je povećanje stupnja zaštite na ugroženijim uzvodnim područjima, a to bi za Baranju značilo ubrzanje pojave i/ili povećanje vodnog vala. Redovite analize što promjena u slivu, što stanja obrambenog sustava, temelj su smanjenja šteta od velikih voda. [3, 11] Globalno, i sam odnos čovjeka prema poplavama i njihovim posljedicama te protupoplavnim sustavima se mijenja. Jača svijest da je neizvodiv apsolutno siguran protupoplavni sustav. Ističu se i pozitivne strane poplava (doprinos varijabilnosti i plodnosti tla, izmjena materijala, hranjiva i organizama među udaljenim staništima kao osnov biološke produktivnosti i raznolikosti). Suvremeni koncept se, zbog brzine promjena u svijetu, zalaže za konkretno rješavanje problema tamo gdje je to potreba i na način da poluče maksimalne

ekonomske, socijalne i okolišne dobiti. To zahtijeva stalno praćenje pozitivnih i negativnih utjecaja tako da bi se na temelju relnih pokazatelja procijenile i poduzele odgovarajuće mjere. [1, 2] Poplave ove dekade inicirale su i održavanje temetskog multidisciplinarnog kongresa Aqua Allta s ciljem razmjene iskustava i rješenja u svezi poplava. Akcent je dat utjecaju klimatskih promjena i prognozama, naporima na objedinjavanju planova održive prevencije od poplava i upravljanju ovim vidom katastrofa. Također, uslijed učestalijeg javljanja poplava razvijaju se i elementi protupoplavne zaštite (prenosni zidovi, zagati, brtve i dr.) [13]

LITERATURA

- Hrvatska vodoprivreda, 2004.-2006.: [1] Bonacci, O.: Upravljanje vodnim rizicima; [2] Poplave (I-III); [3] Brane i akumulacije – preduvjet blagostanja ili uzroci katastrofa?; [5] Glibota, M.: Baranja; [6] Karleuša, R.: Poplava – povodanj; [10] Steinbauer, M.: Završen projekt obnove istočne Slavonije, Baranje i zapadnog Srijema; [11] Gereš, D.: Hidrološke i klimatske analize poplava 2004.; [12] Mileta, M.: Kišno ljetno razdoblje 2005.; [14] Biondić, D., i dr.: Zaštita od poplava – Kongres Aqua Alta 2003.;
- [4] Bognar, A.: Geomorfologija Baranje (znanstvena monografija), Savez geografskih društava Hrvatske, Zagreb, 1990.;
- [7] Majstorović, V.: Obrambeni nasip Zmajevac – Kopačevo u Baranji; Građevinar, br. 9, godište 40., Zagreb, rujan 1988.;
- [8] Velike vode – poplave u Slavoniji i Baranji, Glas Slavonije, Osijek, 1973.;
- [9] Državni plan obrane od poplava, Tehnički i ostali podaci ... područje Donje Drave i Dunava, NN br. 152, 27. prosinca 2005.; i drugi materijali arhive Hrvatskih voda;
- [13] Prohaska, S., Petković, T.: Metode za proračun velikih voda, Građevinski kalendar, Beograd, 1989.;

HIGH WATER AND FLOOD PROTECTION DIKES IN BARANJA

Abstract: *Baranja is located in the northeastern part of the Republic of Croatia in the Pannonian region. This is lowland region, which is situated in triangle on the confluence of river Drava into river Danube. The river Drava forms part of its southern border, and the river Danube its eastern border. The most fertile soils in Croatia have been created by Drava and Danube, thousands of years ago. But these rivers occasionally flood this area, too. This area has been populated and very much man-made. Development of this area is very much affected by water regime of these large rivers.*

This paper is going to present revive of development of the existing flood protection system. Its constructive and hydrotechnical characteristics, as far as system upgrade and cases of dikes leaking are pointed out. Paper also overviews recent activities witch impact flood protection system of Baranja.

We must remember that rivers always, after some times, may surprise men with its power. Usual analyses changes in watershed, on one side, and condition of flood protection system, on another side, are the base of prevent or reduce of flood damages.

Key words: *Baranja, high water, flood, flood protection system, dike leaking*

УТИЦАЈ ПУТА НА ЕКОЛОШКУ БЕЗБЕДНОСТ ОКОЛИНЕ

Слободан Огњеновић¹,
Златко Зафировски²

UDK:534.836:504.75/.74

Резиме: *Анализа и оцена утицаја путева на животну средину и околину је сложена процедура са мерењима, анализом и квантификацијом великог броја утицаја.*

Јединствена методологија и регулатива из области појединих утицаја на ширем европском нивоу, још увек не постоји. Грађење и експлоатација сваког пута обухвата велике захвате и промене у еколошкој равнотежи природне средине и у привредном животу територије где пут пролази. Специфичност ове проблематике види се, пре свега, у мултидимензионалном утицају пута и путног саобраћаја на животну средину. При томе, животна средина се јавља као ограничавајући фактор, а простор као апсолутно ограничени ресурс. Концепцијски, постоје различити прилази и методе оцене еколошке безбедности путева али ниједна није до краја објективна и комплексна.

У раду се прегледно презентују одређени методолошки приступи за квантитативну оцену еколошке безбедности путева из аспекта загађивања околине и из аспекта саобраћајне буке, који се у неким земљама користе као интегрисани показатељ утицаја.

1. УВОД

Проблем безбедности саобраћаја може се решити техничким средствима, док проблем негативних еколошких ефеката успешно се може решити једино просторном изолацијом од просторних садржаја.

Степен безбедности путева, осим из техничког и економског аспекта, равноправно се треба третирати и из еколошког аспекта и при томе еколошка безбедност у будућности треба бити програмска и неприкосновена обавеза. За квалитативну, а посебно за квантитативну оцену негативних утицаја путног саобраћаја јављају се значајни проблеми и тешкоће због веома сложене проблематике и немогућности да се сви утицаји вредносно изразе и квантификују.

У фази вредновања и оцене еколошке безбедности путева јављају се различите категорије и величине које имају сасвим различиту природу у погледу мера изражавања и области којој припадају. Због тога, да би се урадила комплексна

¹ Teaching assistant, Chair of roads, Civil Engineering Faculty, Skopje, Macedonia, "Partizanski odredi" 24, e-mail: ognjenovic@gf.ukim.edu.mk, +38923116066 lok. 139

² Teaching assistant, Chair of Railways, Civil Engineering Faculty, Skopje, Macedonia, "Partizanski odredi" 24, e-mail: zafirovski@gf.ukim.edu.mk, +38923116066 lok. 139

оцена утицаја, целисходно је њихово свођење на заједнички именитељ, односно показатељ.

Због недовољне проучености функционалне зависности путног саобраћаја и природне околине још увек не постоји софистицирани математички апарат (са изузетком неких симулационих модела и метода), који би омогућио адекватну оцену њиховог узајамног деловања. У пракси, при пројектовању и оцени пројектата, такође и у вредновању еколошког стања постојећих путева, често се третирају само поједини видови утицаја, што не даје потпуни увид у економске и социјалне штете због техногене промене параметара природне околине.

2. МЕТОДЕ ЗА ПРОЦЕНУ ЕКОЛОШКЕ БЕЗБЕДНОСТИ ИЗ АСПЕКТА ЗАГАЂЕЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

За процену и квантификовање еколошке безбедности путева у свету још увек не постоји јединствена методологија, односно, не постоје две земље које на исти начин квантификују еколошке проблеме као комплекс утицаја. При томе, концепцијски постоје различити приступи са различитим моделима за оцену и вредновање степена еколошке безбедности путева, односно вредновање пута из гледишта заштите животне средине. Осим тога, такво вредновање зависи и од нивоа, односно фазе планирања и пројектовања. Свака фаза, односно корак у пројектовању, носи са собом одређени ниво детаљности у анализама. Потребне за проценом еколошке безбедности су актуелне и у управљању и у одржавању путева због чега је потребно перманентно праћење појединих параметара и индикатора који се мењају у функцији промене интензитета и структуре саобраћаја и стања коловоза.

За оцену и вредновање еколошких потенцијала и параметара не постоји јединствена методологија и јединствен аналитички основ за економско-вредносно приказивање свих параметара. Код нас, за сада, користи се методологија из упутства за израду студија о изводљивости пројектата путева [1] при чему се сваки еколошки индикатор посебно изражава и даје једну доста релативну оцену истих кроз тзв. "пондере", који се састоје из пондера значаја утицаја и пондера о величини утицаја вредносно и нумерички изражени у поенима и новцу, у зависности од природе утицаја. Збирна оцена се изражава кроз сумирање пондера, односно поена. При томе, постоји тзв. прелиминарна процена и детаљна процена, а одређени се утицаји приказују кроз табеларне матрице и графиконе. Ово је доста сложени поступак, оцена је релативна и не даје заједнички показатељ о комплексној оцени утицаја.

Због сложености мултидимензионалних метода већ постоје једноставнији разрађени принципи неких аутора [2] са систематским прилазом, проценом и квантификацијом утицаја на околину при пројектовању, грађењу, реконструкцији и експлоатацији путева. Такве методе омогућују комплексну оцену неповратних еколошких промена као последица експлоатације путно-саобраћајног комплекса. Практична реализација такве методологије могуће је увођењем тзв. "Коефицијента еколошке безбедности", који карактерише еколошке квалитете пројектованих или постојећих путева.

Коефицијент еколошке безбедности, у овом случају, је интегрална величина која се заснива на појединим показатељима о нивоу утицаја (загађења) околине. Поједини показатељи се одређују непосредним мерењима, статистичким подацима

и аналитички. Непосредна природна мерења изводе се специјалним апаратурама, а измерени резултати се обрађују дигитално.

Аналитичко одређивање компонената – индикатора еколошког загађења ради се помоћу познатих или изведених образаца. Тако, концентрација (C), односно ниво загађења ваздуха одређује се на следећи начин:

$$C = \frac{2 \cdot q}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot v}} + F \quad [\text{gr}/\text{m}^3] \quad (1)$$

q- интензитет емисије одређене врсте загађења из свих саобраћајних средстава [gr/m sec]

σ - стандардна девијација дисперзије нормалне Гаусове расподеле у вертикалном смислу [m]

v- брзина ветра [m/s]

F- загађење-концентрација према подацима надлежних органа [gr/m³]

Интензитет (јачина) емисије штетних материја одређује се по формули

$$q = 2.06 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot \left(\sum_1^m G_{ik} \cdot N_{ik} \cdot K_k + \sum_1^m G_{jd} \cdot N_{jd} \cdot K_d \right) \quad [\text{gr}/\text{m} \cdot \text{s}] \quad (2)$$

где је:

m- коефицијент зависности обима емисије од брзине кретања возила

G_{ik}, G_{jd}- средња потрошња горива за бензиске и дизел моторе [l/km]

N_{ik}, W_d- интензитет возила за бензиским и дизел моторима

K_k, K_d- коефицијент према виду емисије штетних материја за бензиске и дизел моторе

Количина загађења тла оловом P_b одређује се по обрасцу:

$$P_b = \frac{P_p}{h \cdot \gamma} \quad [\text{mg}/\text{kg}] \quad (3)$$

P_b- количина талога олова на површини тла [mg/kg]

h- дебљина загађеног слоја тла [m]

γ - густоћа тла [m³]

Количина олова на површини тла одређује се:

$$P_p = 0.4 \cdot K_i \cdot U_v \cdot T_p \cdot P + F \quad [\text{mg}/\text{kg}] \quad (4)$$

K_i- коефицијент који зависи од удаљености од ивице коловоза [l/m]

U_v- коефицијент који зависи од јачине и правца доминантог ветра

T_p- време експлоатације пута [dan]

P- количина емисије олова при средњем интензитету саобраћаја [mg/m dan]

F- основна измерена количина на површини тла [mg/m²]

Интензитет загађења оловом за одређени средњи интензитет саобраћаја одређује се на следећи начин:

$$P = 0.74 \cdot m_p \cdot \sum_1^m G_i \cdot P_i \cdot N_i \quad [\text{mg}/\text{m dan}] \quad (5)$$

m_p- коефицијент који зависи од брзине саобраћајног тока

P_i- садржај олова у гориву [g/kg]

Сви наведени параметри и индикатори могу да се одреде и другим аналитичким моделима и методама познати у стручној литератури.

Статистичке методе се заснивају на одређивању зависности тражених показатеља из групе независних фактора: интензитета и структуре саобраћаја, брзине саобраћајних токова, брзине и праваца ветрова, удаљености од ивице пута, подужног нагиба пута, врсте коловоза, времена експлоатације итд.

На основи статистички обрађених података, добивених експерименталним путем, могу се добити формуле зависности појединих еколошких показатеља свођењем на више индикатора у облику:

$$y_i = f(x_1, x_2, x_1, \dots, x_n) \quad (6)$$

x_i - фактори који утичу на показатељ

Као општи показатељ може се дефинисати “Коефицијент еколошке безбедности” пута, као интегрални показатељ фактичких појединих показатеља еколошког стања путног појаса (коридора).

Као критеријум оптималности може се усвојити минимална вредност суме прекорачења гранично дозвољених концентрација за сваки показатељ.

$$E_k = \sum_1^m \left(\frac{C_{fi} - C_{ni}}{C_{ni}} \right) \rightarrow \min \quad (7)$$

E_k - коефицијент еколошке безбедности

C_{fi} - фактичка концентрација штетних емисија

C_{ni} - нормативно дозвољене концентрације

3. ПРОБЛЕМ САОБРАЋАЈНЕ БУКЕ

Аналитичко одређивање нивоа саобраћајне буке, може такође да се спроведе по познатим и признатим формулама, доступним у стручној литератури и у практичним приручницима, као и од статистичких билтена, годишњика и од метеоролошких и санитарних служби.

У анализама обично се примењује тзв. стандардни ниво емисије буке који се додатно коригује у зависности од врсте коловозне конструкције, карактеристика саобраћајног тока и подужног нагиба саобраћајнице.

$$L_{m,E} = L_{m,E,o} + \Delta L_k + \Delta L_v + \Delta L_j \quad (8)$$

$L_{m,E}$ - средњи ниво буке на 25m од ивице коловоза;

$L_{m,E,o}$ - стандардни ниво буке на 25m од ивице коловоза;

ΔL_k - корекција због врсте коловозне конструкције (нпр. асфалт-бетон - 0,5dB(A), коцка +4,0 dB(A));

ΔL_v - корекција због брзине тока нпр. дозвољено max. 50km/h смањене 4,0dB(A), 50-60km/h смањене 3,0dB(A);

ΔL_j - корекција због подужног нагиба нпр. од 0-5% корекција 0dB(A), за сваких даљих 1% повећање од +0,6dB(A)

Стандардни ниво буке на 25m од ивице коловоза ($L_{m,E,o}$) зависи од саобраћајног оптерећења и структуре саобраћајног тока.

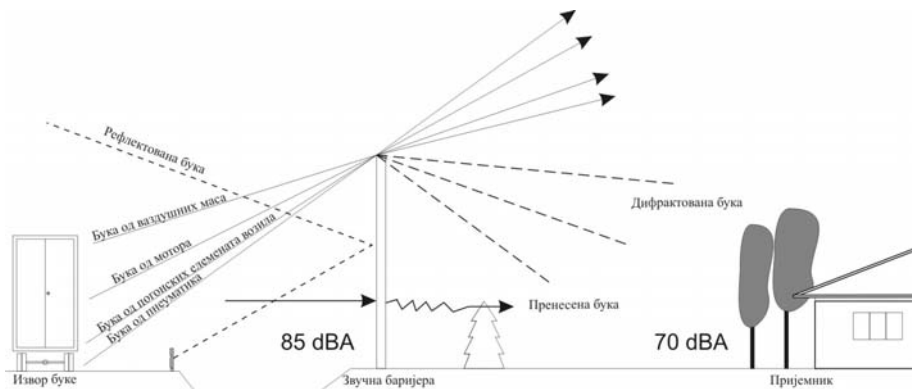
$$L_{m,E,o} = 36,7 + 10 \cdot \log(Q \cdot (1 + 0,08 \cdot p)) \quad [dB(A)] \quad (9)$$

$L_{m,E,o}$ - стандардни ниво буке на 25m од ивице коловоза;

Q- саобраћајно оптерећење [vozila/h/oba smera]

p – проценат теретних возила у саобраћајном току.

Бука, у првом реду, зависи од количине саобраћаја. По правилу, бука угрожава све уличне коридоре са протоком $Q > 500$ [voz./h]. Почев од овог обима саобраћаја сматра се да је звучни извор линијског карактера тј. континуалног дејства. У таквим условима, бука уз ивицу коловоза може достићи ниво преко 80 dB(A), што је врло висок степен звучности, који, при дуготрајном излагању, изазива трајне последице по слух и неуровегетативни систем.



Слика 1. Акустични концепт звучне баријере

Апсолутно ефикасна средства заштите од саобраћајне буке не постоје и она се крећу у распону од планерских и урбанистичких мера преко пројектантског приступа вођењу трасе до примена техничких мера по деоницама где су угрожени урбани садржаји.

Ниво буке могуће је смањити ограничавањем дозвољене брзине возила. Њено успешно провођење захтевало би увођење аутоматског мотрења брзине. Овом мером не утиче се само на смањење нивоа буке већ и на повећање сигурности вожње. Двоструким смањењем брзине возила постиже се смањење нивоа буке за 6 до 8 dB(A).

Површина коловоза са отвореном и порозном текстуром није погодна само за смањење буке, него осигурава и бољу приоњивост пнеуматика, а тиме и већу сигурност вожње. Оваква возна површина делује на смањење нивоа буке од 2 до 4 dB(A).

Добро одржавање путева смањује динамичке утицаје возила и терета на коловозну конструкцију, али утиче и на смањење нивоа буке.

Смањењем саобраћајног оптерећења преусмеравањем дела укупног саобраћаја или возила одређеног типа на друге саобраћајнице, ограничавањем времена у коме се може одвијати саобраћај (нпр. забрана саобраћаја тешких возила ноћу), те осигуравањем стања слободног саобраћајног тока (нпр. гашење семафора ноћу), може се ниво буке смањити до 4 dB(A).

Ниво буке појединачног возила не зависи само од брзине возила, већ и од степена преноса те од начина успоравања и убрзавања. Пасивном вожњом може се постићи смањење нивоа буке за око 5 dB(A), а за мотоцикле и до 7 dB(A). Саобраћај мотоцикала посебан је проблем јер је могуће повећање буке и до 20 dB(A). Стога

могу да се уведу забране вожње нпр. ноћу или забране вожње без уграђених специјалних пригушивача.

4. ЗАКЉУЧАК

Одређивањем и коришћењем коефицијента еколошке безбедности долази се до објективне оцене стања природне и животне средине у појасу путног коридора и потребног комплекса заштитних мера. Обзиром на комплексну проблематику из више аспеката укључујући и методолошке и нормативне, потребна су и математичка истраживања, испитивања, усавршавање метода применом одговарајућих софтверских алата. У контексту комплексне еколошке безбедности путева сматрамо да је потребно третирање и радиоактивности и токсичности одређених грађевинских материјала који су у примени у изградњи и у одржавању путева.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузовић Љубиша, “Вредновање у управљању, развоју и експлоатацији путне мреже”, Београд 1994
- [2] Упутство за израду студија о изводљивости пројеката путева, Савез организација за путеве Југославије, Београд 1992
- [3] Подолски В. П.; “Еколошка оцена аутомобилних путева”, Аутомобилне путеве, Москва, 1993
- [4] Михаило Малетин, “Градске саобраћајнице”, Београд, 1996
- [5] Павле Стоименов, Орхан Авдовић, Слободан Огњеновић, “Комплексна оцена на еколошката безбедност на патиштата”, Скопје, 2005
- [6] McGraw-Hill, “Highway Engineering Handbook”, New York, 2003
- [7] Stjepan Lakušić, Vesna Dragčević, Tatjana Rukavina, “Mjere za smanjenje buke od prometa u urbanim sredinama”, Građevinar 57, Zagreb, 2005

Road Influence of the Ecological Safety of the Environment

Summary: *The analysis and estimation of the influence of roads on the environment complex procedure, which includes measurements, analysis and quantification of a numerous types of influence.*

A unique methodology and regulations in the field of some influence on a wider European level does not exist. The construction and exploitation of each road includes large-scale works and changes of the ecological equilibrium of the environment and of the economy on the region where it is supposed to pass. The specific character of this problem can mostly be seen in multi-dimensional influence of the road and traffic on the environment. There, the environment appears as a limiting factor, and the space is an absolutely limited recourse. As a concept, there are different approaches and methods for determination of the ecological safety of the roads, but one can freely say that none of them has been totally objective and complex.

The paper presents certain methodological approaches for a quantitative estimation of the environmental safety of roads, from the viewpoint of environment pollution and from that of traffic noise, which are valid in some countries as an integrated index of these influences.

SAVREMENI ŠINSKI PRIČVRSNI PRIBOR

Zdenka J. Popović¹

UDK:624.072.23

Rezime: U radu se daje pregled savremenih šinskih pričvršćenja, koja ispunjavaju zahteve sve većih brzina, saobraćajnih i osovinskih opterećenja u železničkom saobraćaju. Šinska pričvršćenja su klasifikovana prema karakteristikama podloge.

Ključne reči: železnica, železnička pruga, šinsko pričvršćenje

1. UVOD

Praktična iskustva su pokazala da je izbor tipa konstrukcije gornjeg stroja od presudnog značaja za troškove održavanja pruge i kvalitetnu eksploataciju. Zato savremeni gornji stroj novih i rekonstruisanih železničkih pruga mora da odgovori zahtevima sve većih osovinskih i saobraćajnih opterećenja, kao i porastu brzina putničkih i teretnih vozova na evropskoj železničkoj mreži.

U Evropi se na novim i rekonstruisanim magistralnim prugama najčešće koristi tzv. "perfektno" rešenje koloseka sa zastornom prizmom, koje podrazumeva: šine UIC 60 (odnosno 60E1) zavarene u duge trakove, elastično šinsko pričvršćenje, pragove od prethodno napregnutog betona dužine 2,60m, eruptivni tucanički materijal u zastornoj prizmi, sloj za zaštitu od mraza i ojačanje planuma. Primena rešenja gornjeg stroja sa kolosekom u zastoru pokazala se kao efikasno rešenje na prugama za brzine do 160km/h, kao i na prugama za velike brzine. Ipak, primena konstrukcije koloseka u tucaničkoj zastornoj prizmi na prugama za velike brzine inicirala je sasvim nove probleme u oblasti održavanja. Zato se kao ravnopravno alternativno rešenje razvijaju i primenjuju konstrukcije gornjeg stroja na čvrstoj podlozi.

Kod svih tipova konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi tucanički zastor je, kao najslabiji element, zamenjen materijalom, koji dugoročno obezbeđuje stabilnost geometrije koloseka (beton ili asfalt), uz prognozu da se može računati sa vekom trajanja kolosečne konstrukcije do 60 godina. Na taj način bi se kroz dugi vek trajanja konstrukcije, uz garantovanje bezbednosti, pouzdanosti i konkurentnog komfora sistema, sa malim troškovima održavanja, kompenzovali veliki investicioni troškovi. Međutim, izostavljanje zastorne prizme i primena čvrste podloge, bitno utiču na ukupno elastično ponašanje koloseka i definišu nove zadatke koje treba da ispuni savremeni

¹ Dr. Zdenka J. Popović, dipl inž grad., Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra, tel: 011 321 18 564, e-mail: zdenka@grf.bg.ac.yu

sistem šinskog pričvršćenja u koloseku na čvrstoj podlozi. Zbog toga se u radu posebno razmatraju zadaci i zahtevi koje treba da ispuni šinsko pričvršćenje kada kolosek pliva u tucaničkoj zastornoj prizmi i u slučaju čvrste kolosečne podloge.

2. OPŠTI ZADACI SAVREMENOG ŠINSKOG PRIČVRŠĆENJA

Šinsko pričvršćenje je sastavni deo konstrukcije gornjeg stroja. To znači da su zadaci koje treba da ispuni sistem pričvršćenja šina i njegove karakteristike u tesnoj korelaciji sa rešenjem celokupne konstrukcije gornjeg stroja.

U opštem slučaju zadaci koje treba da ispuni savremeni gornji stroj mogu se definisati sledećom listom:

- dovoljna nosivost, povoljan prenos i raspodela opterećenja kroz slojeve konstrukcije gornjeg i donjeg stroja,
- jednostavno prilagođavanje različitim konstrukcijama donjeg stroja,
- bezbednost i udobnost za putnike,
- bezbednost za prevoz robe,
- jednostavno, brzo i kvalitetno mehanizovano građenje, uz angažovanje što manjeg broja radnika,
- dugi vek trajanja uz postojanost kvaliteta elemenata i konstrukcije gornjeg stroja u celini i usaglašenost veka trajanja elemenata gornjeg stroja sa aspekta njihove zamenljivosti,
- jednostavna vertikalna i horizontalna regulacija šina u koloseku,
- jednostavna zamena šina i elemenata kolosečnog pribora,
- mali troškovi mehanizovanog održavanja u što kraćim zatvorima koloseka i što dužim intervalima između uzastopnih intervencija,
- kontrolisani prenos buke i vibracija u okruženje, prema propisanim ograničenjima,
- efikasno odvodnjavanje,
- efikasno uklanjanje snega,
- efikasna kontrola vegetacije,
- postojanost svih elemenata i konstrukcije u celini na dejstvo atmosferilija (dejstvo mraza, otpornost na koroziju),
- stabilnost koloseka pri temperaturnim promenama (dnevne i sezonske temperaturne promene, temperaturne promene pri kočenju),
- mogućnost recikliranja čeličnih elemenata nakon zamene,
- prihvatljiva cena.

Ovakvo definisani zahtevi za savremenu konstrukciju gornjeg stroja generišu listu opštih zahteva, koje treba da ispuni savremeno šinsko pričvršćenje:

- održavanje projektovane širine koloseka,
- visinska i horizontalna regulacija šina,
- mogućnost elektroizolacije,
- sprečavanje pomeranja šina po oslancima,
- prostorna elastičnost oslanjanja šina,

- jednostavna zamena elemenata pričvrstnog i ostalog kolosečnog pribora prilikom zamene šine,
- usaglašenost veka trajanja elemenata pričvršćenja sa vekom trajanja šine i praga,
- minimalni broj delova,
- jednostavnost oblika,
- brza, jednostavna i kvalitetna mehanizovana montaža, uz angažovanje minimalnog broja radnika,
- jednostavno i efikasno mehanizovano održavanje,
- konkurentna cena.

U svakom konkretnom slučaju odluka o izboru konstrukcije gornjeg stroja donosi se u postupku višekriterijumske optimizacije. Pri tome se pojedinačna varijantna rešenja konstrukcije gornjeg stroja međusobno mogu razlikovati prema kolosečnoj podlozi i tipu šinskog pričvršćenja. Svako varijantno rešenje vrednuje se na osnovu liste koja u sebe uključuje sledeće kriterijume: postojanost geometrije koloseka, kvalitet horizontalne i vertikalne regulacije koloseka, mogućnost prilagođavanja trase zahtevima okoline, nivo komfora za putnike, stabilnost koloseka, ekološke posledice po okolinu (buka, vibracije), troškovi građenja, troškovi održavanja, vek trajanja i specijalni zahtevi (brzina građenja, ukupna visina konstrukcije, prohodnost za drumska vozila, čišćenje gornje površine koloseka, multifunkcionalnost i dr.).

3. ŠINSKO PRIČVRŠĆENJE ZA KOLOSEK U ZASTORNOJ PRIZMI

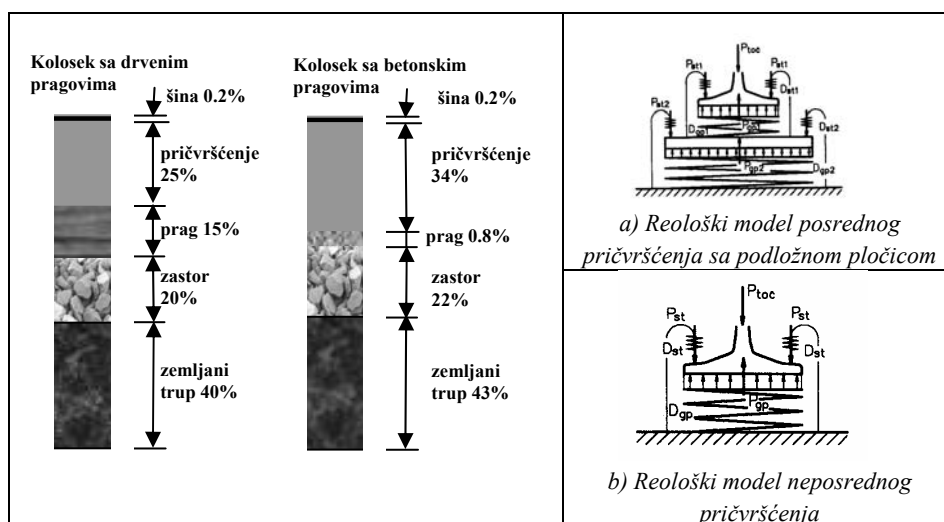
U opštem slučaju razlikuju se rešenja pričvršćenja za kolosek u zastornoj prizmi za različite vrste pragova: drveni, betonski i čelični. S obzirom na to da se kod nas retko primenjuju čelični pragovi, dalje izlaganje se ograničava na drvene i betonske pragove.

Međusobno poređenje različitih sistema pričvršćenja za drvene, odnosno betonske pragove, moguće je izvršiti na osnovu sledećih tehničkih karakteristika:

- dijagram sila – put pritezanja,
- dijagram otpora podužnom pomeranju,
- otpor zaokretanju šine,
- mere koje se preduzimaju na krajevima dugog šinskog traka,
- mere za smanjenje trenja na kontaktu stezaljka – nožica šine dugog šinskog traka na mostovima bez ugrožavanja funkcionalnosti,
- mere na dugom šinskom traku u području tunelskog portala.

Na drvenim pragovima se, zbog poznatog problema urezivanja šinske nožice u prag pri velikim dinamičkim opterećenjima, upotrebljavaju posredna pričvršćenja sa podložnim pločicama, čime se postiže: velika površina prenosa sile sa šine na prag, poprečni nagib šina u koloseku bez zatesivanja gornje površine praga, učešće svih kotvi u prijemu poprečnih horizontalnih sila. Reološki model posrednog pričvršćenja sastoji se iz dva reda sistema. Prvi sistem čini stezaljka krutosti D_{st1} i gumeni umetak krutosti D_{gp1} . Drugi

sistem čini podložna pločica pričvršćena kotvama sa prstenastim elastičnim podloškama ispod glava krutosti D_{st2} i gumena podloška krutosti D_{gp2} (slika 1a).



Slika 1. Prosečni procentualni udeo elemenata gornjeg stroja u elastičnom ponašanju koloseka i reološki modeli pričvršćenja za: a) drveni i b) betonski prag

U posredna pričvršćenja za drvene pragove spada poznato i kod nas široko rasprostranjeno pričvršćenje sistema K. Njega karakteriše opadanje sile pričvršćenja između pritezanja, što za posledicu ima upotrebu sprava protiv putovanja na krajevima dugog šinskog traka. Takođe, na prelazu sa otvorene pruge u tunel, zbog velikih podužnih pomeranja, zahteva se prekid sa prelaznim poljima ili spravama protiv putovanja šina. Ovi nedostaci rešavaju se upotrebom elastičnih stezaljki umesto krute pričvršćne pločice. Tako npr. upotrebom Pandrol "e" stezaljke dobija se Pandrol konverzija sistema K, dok se upotrebom stezaljke Skl 12 dobija rešenje KS nemačke firme Vossloh.

Za betonske pragove u tucaničkom zastoru koriste se neposredna pričvršćenja sa elastičnim stezaljkama i elastičnom gumenom podloškom (slika 1b). Površina kojom se šina oslanja na prag dovoljna je za prenos pritiska sa šine na prag. Poprečni nagib šina (1:40) ostvaruje se nagibom gornje površi praga u zoni oslanjanja šine.

Ne mogu se kombinovati stezaljke i podloške proizvoljne krutosti. Da bi se osigurao trajni dodir stezaljke i nožice šine, neophodno je da ugib podloške bude manji od ugiba stezaljke. Tako usaglašene krutosti stezaljke i podloške moraju se usaglasiti sa krutošću podloge. Naime, već postoje praktična iskustva, koja pokazuju da kombinovanje "tvrde" podloške i "tvrdog" planuma dovodi do drobljenja tucanika u zastornoj prizmi. Izrazit primer za to je pruga NBS Hannover-Würzburg, gde je posle samo pet godina eksploatacije zamenjen tucanik u zastornoj prizmi.

Od neposrednih savremenih pričvršćenja za betonske pragove izdvajaju se sistemi W14 i W21 nemačke firme Vossloh i sistem FASTCLIP engleske firme Pandrol. Oba sistema ugrađena su i ispituju se na odgovarajućim deonicama Železnice Srbije.

4. ŠINSKO PRIČVRŠĆENJE ZA KOLOSEK NA ČVRSTOJ PODLOZI

Kolosek na čvrstoj podlozi primenjuje se kako na prugama za velike brzine, tako i za rekonstruisane pruge zbog manje visine i širine konstrukcije gornjeg stroja. Danas se kolosek na čvrstoj podlozi primenjuje kao ravnopravno rešenje konstrukcije gornjeg stroja na nasipima, u usecima, u tunelima, na mostovima, u skretnicama. Pri tome se standardno koristi šina UIC 60 (60 E1). Alternativno se za manje brzine i manja osovinska opterećenja, kao i zbog manje visine konstrukcije, koristi šina S 54.

Poprečni nagib šine iznosi 1:40 (tolerancija $\pm 10\%$), odnosno 1: ∞ u skretnicama. Za nove konstrukcije skretnica, osim u zoni srca, poprečni nagib iznosi takođe 1:40.

Zbog tolerancija građenja podloge i eventualnih malih sleganja nakon građenja, u upotrebi su elastična šinska pričvršćenja sa obaveznom vertikalnom i horizontalnom regulacijom koloseka. Za sada su poznata šinska pričvršćenja sa mogućnošću regulacije koloseka samo za diskretno oslanjanje šina, dok raspoloživa pričvršćenja sa kontinualnim oslanjanjem nemaju mogućnost regulacije.

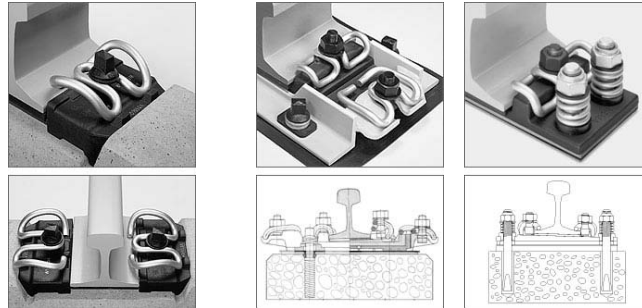
Elastičnost oslonaca se unapred ograničava, kako ne bi došlo do prekoračenja zatezanja u nožici i pritiska u glavi šine, što bi dovelo do oštećenja šine. Zato se ugib šine ograničava na 1.5mm ispod statičkog osovinskog opterećenja od 200kN, što odgovara opružnoj konstanti umetka $22.5 \pm 1.5 \text{ kN/mm}$.

U upotrebi su različite vrste elastičnih stezaljki. Minimalna zahtevana sila pritezanja šine iznosi 20kN po jednom mestu oslanjanja. Minimalni zahtevani otpor podužnom pomeranju šine po jednom mestu oslanjanja iznosi 7kN radi ograničenja širine zazora u slučaju pucanja šine zimi.

Na mostovima se maksimalni otpor podužnom pomeranju šine po jednom mestu oslanjanja ograničava na 9kN, kako bi se omogućilo podužno temperaturno dilatiranje konstrukcije mosta ispod koloseka zavarenog u dugi trak šina.

Kao primer standardnih rešenja pričvršćenja koja se koriste na evropskim železnicama mogu se navesti nemačka rešenja "System 300", "System 336" i "System 1403" (slika 2).

Pored toga postoje i specijalne vrste pričvršćenja koje ispunjavaju posebne zahteve, kao npr. dodatno redukovanje buke i vibracija. Takvi zahtevi javljaju se u urbanim sredinama u plitko položenim tunelima metroa, lakih šinskih sistema i klasične železnice. Kao primer mogu se navesti nemačko rešenje "Kelnsko jaje" i englesko rešenje "Vanguard".



Sistem 300

Sistem 1403

Sistem 336

Slika 2. Sistemi pričvršćenja za čvrstu podlogu

5. ZAKLJUČAK

Savremeni sistemi šinskih pričvršćenja podrazumevaju elastično oslanjanje šine, uz usaglašavanje elastičnog ponašanja stezaljke i elastične podloške. Povećanje elastičnosti oslonaca smanjuje naprezanje podloge i povećava naprezanje šine, što ograničava elastična svojstva šinskih oslonaca. Iz praktičnih razloga svaka železnička uprava treba da teži tipskim sistemima pričvršćenja prema osovinskom i saobraćajnom opterećenju, brzini i kolosečnoj podlozi.

LITERATURA

- [1] Popović, Z.: Budućnost klasičnog koloseka na zastoru i šanse koloseka na čvrstoj podlozi, časopis *Železnice*, br. 1-2, 1996
- [2] Popović, Z.: Optimizacija rešenja gornjeg stroja na prugama za velike brzine, zbornik radova, Peta međunarodna naučna konferencija železničkih stručnjaka JUŽEL, Vrnjačka Banja, 1998
- [3] Tomičić-Torlaković, D., Ranković, S.: Gornji stroj železnica, Građevinski fakultet, Beograd, 1996

MODERN RAIL FASTENING SYSTEM

Summary: *In this paper the review of the modern rail fastening systems, that satisfy the conditions of great speeds, traffic density and axle loads, is given. The rail fastening systems are classified according to the base characteristics (elastic or solid).*

Key words: *rail, railway, rail fastening system.*

UTICAJNI PARAMETRI KOD IZRADE CEMENTNE STABILIZACIJE

Radmila Sinđić-Grebović¹

UDK:666.946

Rezime: U radu se analiziraju parametri koji utiču na osobine cementne stabilizacije koja se koristi kao donja podloga za glavne puteve i aerodrome. Analiza obuhvata metode izrade stabilizacije i mogućnosti postizanja odgovarajućih fizičko-mehaničkih karakteristika zavisno od upotrebljenog agregata-tla, količine cementa i vlažnosti za postizanje optimalne zbijenosti. Posebnu pažnju kod izrade stabilizacije zahtijeva postizanje relativno niske ujednačene čvrstoće pri pritisku sa malim odstupanjima od zadate vrijednosti. Pored teorijskih razmatranja i podataka iz literature u radu se iznose iskustva autora pri izradi recepture za cementnu stabilizaciju, izradi i ispitivanju ugrađene cementne stabilizacije na pristanišnoj platformi aerodroma u Podgorici.

Ključne riječi: Cementna stabilizacija, podloga za kolovoz, šupljikavost, čvrstoća pri pritisku

1. UVOD

Pod pojmom stabilizacije tla podrazumijeva se dejstvo na podlogu (tlo) kojom se omogućava da zrnasta tvorevina od koje se sastoji podloga postigne dovoljnu otpornost na bočno istiskivanje. Osnovni vid stabilizacije predstavlja mehanička stabilizacija, koja se obavlja zbijanjem materijala pogodne granulacije, što predstavlja osnovni uslov da bi se zbijanje moglo obaviti. Ukoliko tlo nema dobru granulaciju u cilju poboljšanja neophodno je dodavanje materijala one krupnoće čestica koje nedostaju ili preduzimanje drugih mjera za postizanje potrebnog stabilizirajućeg efekta. Jedna od mogućih vrsta stabilizovanja tla je stabilizovanje upotrebom određene količine cementa.

Cementna stabilizacija tla ili cementom stabilizovana baza je čvrsto kompaktirana mješavina usitnjenog tla ili agregata, portland cementa i vode. Osim ovih komponenti mogu se upotrebljavati ostali lokalni granulirani materijali kao što su pijesak, šljunak, glina, prašina, šljaka, krečnjak, kao i značajan broj otpadnih materijala kao što su pepeo, topionička zgura, leteći pepeo, ostaci iz kamenoloma i šljunkara. Upotrebljava se širom svijeta kao donja podloga na putevima i gradskim ulicama, aerodromima, industrijskim platformama, zgradama. Prema klasifikaciji koju daje Udruženje američkih proizvođača cementa (Portland Cement Association) zavisno od načina izrade i sastava može se

¹ Mr, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put bb, tel: 081/244-905, e-mail: radmilas@cg.ac.yu

govoriti o sljedećim tipovima stabilizacija podloge upotrebom cementa: cementom modifikovana tla (Cement-Modified Soils), cementom tretirana podloga - baza (Cement-Treated Base) i potpuno reciklirana podloga (Full-Depth Reclamation). Cementom modifikovano tlo (CMS) predstavlja tlo koje je upotrebom relativno male količine cementa izmjenjeno u cilju otklanjanja neželjenih osobina tako da bude pogodno kao podloga za konstrukciju. Cementom tretirana podloga (CTB) predstavlja mješavinu agregata ili kombinacije agregata sa granulisanim tlom sa definisanom i izmjerenom količinom cementa i vode koja nakon kompaktiranja i njegovanja postaje čvrst i trajan materijal za zastor. Potpuno recikliranje podloge (FDR) predstavlja postupak kojim se oštećeni asfaltni kolovozni zastor usitnjava, miješa sa cementom i vodom i kompaktiranjem proizvodi u trajan i čvrst materijal koji je dobra podloga kako asfaltnom tako i betonskom kolovozu.

2. METODE IZRADE CEMENTNE STABILIZACIJE

Kao što je već naglašeno, zavisno od tipa cementne stabilizacije primjenjuju se različite metode izrade. Ranije je u najvećoj mjeri primjenjivana metoda miješanja na licu mjesta, koja podrazumijeva usitnjavanje postojećeg tla, zatim dodavanje određene količine cementa posipanjem, miješanje i zbijanje (kompaktiranje), kao i njegu izrađene stabilizacije. Ove operacije su polovinom prošlog vijeka u najvećoj mjeri obavljane poljoprivrednom mehanizacijom, a kasnije rotofrezerima, [1]. Ova sredstva u savremenim uslovima nijesu prihvatljiva, [2]. Osnovne operacije kod primjene ove metode prikazane su na slici 1. Može se zaključiti da metoda miješanja na licu mjesta predstavlja izradu stabilizacije tipa CMS, mada se sličan postupak sprovodi i kod stabilizacije tipa FDR.



Slika 1. Metoda izrade stabilizacije miješanjem na licu mjesta

Za izradu stabilizacije tipa cementom tretirane podloge (baze) – CTB, koristi se metoda spravljanja mješavine u proizvodnom postrojenju. Miješanje se može vršiti u centralnom proizvodnom postrojenju, sa potrebnim transportom do mjesta ugradnje, ili u pokretnom postrojenju koje ima sposobnost pokretanja duž trase. Mješavina se radi sa tačno definisanim proporcijama komponenata pa je potrebno da postrojenje raspolaže opremom za doziranje. Transport do mjesta ugradnje treba obaviti bez segregacije i gubitaka. Rasprostiranje se obavlja finišerom, ili ručno ukoliko se radi o manjim površinama. Sabijanje se može vršiti vibriranjem ili valjanjem, dok se njega sastoji u sprečavanju isušivanja i primjenjuje se isto bez obzira na metodu izrade stabilizacije. Njega se vrši nanošenjem nepropustljivog sloja preko gornje površine stabilizacije. Na

slici 2 prikazane su operacije pri izradi stabilizacije metodom miješanja u proizvodnom postrojenju.

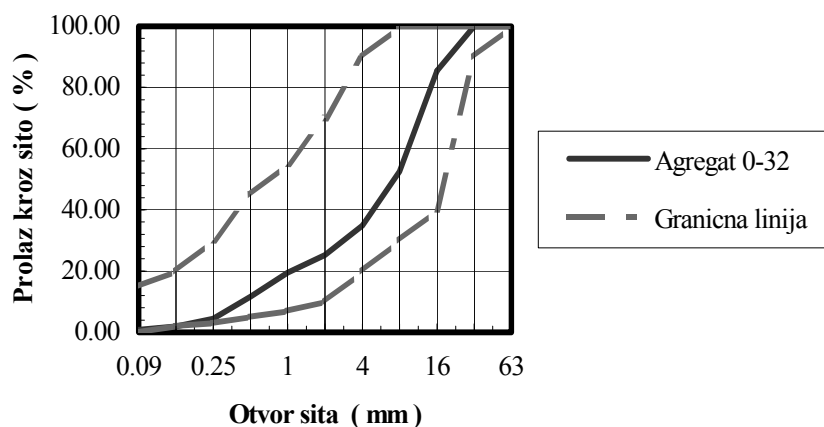


Slika 2. Metoda izrade stabilizacije miješanjem u proizvodnom postrojenju

Prilikom izrade CTB na Aerodromu Podgorica primjenjivan je postupak miješanja u stacionarnom proizvodnom postrojenju udaljenom 300 m od mjesta ugradnje, pri čemu je transport svježe mješavine vršen otvorenim kamionima. Razastiranje i ugradnja uključujući i vibriranje obavljan je finišerom. Sloj ugrađene CTB iznosio je 15 cm.

3. FAKTORI UTICAJA NA KVALITET STABILIZACIJE

Najznačajniji faktori koji uslovljavaju postizanje zahtijevanih karakteristika cementne stabilizacije su: vrsta agregata (tla) koji se upotrebljava, mjerodavan sadržaj cementa, adekvatna vlažnost, potpuno miješanje, dobro sabijanje i pravilna njega.



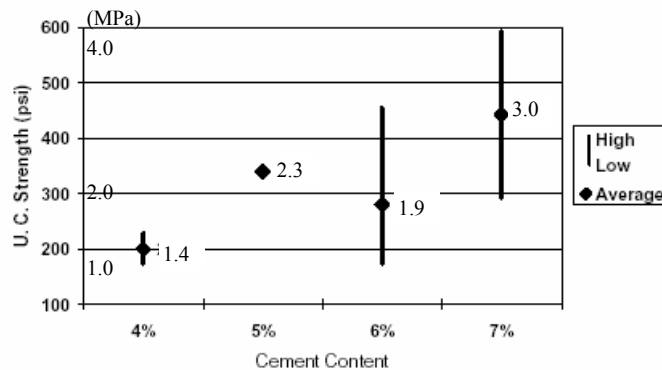
Slika 3. Granične linije za agregat prema BS i granulometrijski sastav agregata upotrebljenog za izradu stabilizacije na Aerodromu Podgorica

Vrsta i granulometrijski sastav tla su od posebnog značaja za mogućnost postizanja zahtijevanih karakteristika cementne stabilizacije, prvenstveno čvrstoće pri pritisku. Tla sa velikim sadržajem glinovitih sastojaka (do 30%) zahtijevaju veću količinu cementa da bi mogla biti uspješno stabilizovana (12-15% cementa u odnosu na masu agregata), dok

dobro granulirana mješavina šljunka, pijeska i gline može da se veoma uspješno stabilizuje sa 5-8% cementa, [1]. Čvrstoća pri pritisku cementne stabilizacije u zavisnosti od vrste tla, uz upotrebu 10% cementa može varirati u granicama od 0,5 – 1,0 MPa kod loše granulisanog materijala do 5-10 MPa kod dobro granulirane mješavine šljunka, pijeska i gline, [1].

Granično područje granulometrijskog sastava agregata prema Britanskim standardima dato je na dijagramu, slika 3, gdje je istovremeno prikazana i linija prosijavanja prirodne mješavine agregata 0-32 mm upotrebljena za izradu stabilizacije na Aerodromu Podgorica [3,4].

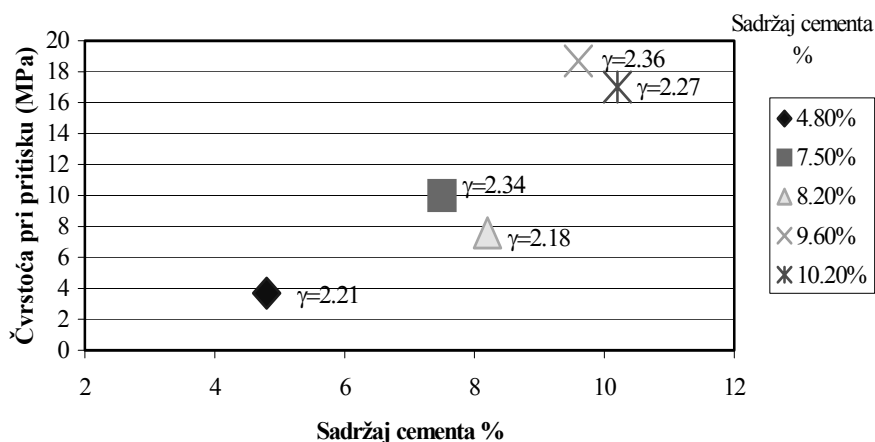
Prema iskustvima “Louisiana Department of Transportation and Development (DOTD)”-a obično se praktikuje upotreba one količine cementa za stabilizaciju tla koja daje čvrstoću pri pritisku veću od 2,0 MPa, pri čemu se čvrstoća ispituje nakon 7 dana njege [5]. Tako određen sadržaj cementa (koji iznosi najmanje 8%) koristi se za izradu stabilizacije pri debljini sloja 20-22 cm. Novija iskustva DOTD-a pokazuju da se isti efekat stabilizovanja postiže izradom stabilizacije sa 4% - 6% cementa, pri debljini sloja 25-30 cm, što ima efekta i na smanjenje prslina usljed skupljanja. Dobijena zavisnost srednje čvrstoće pri pritisku tla stabilizovanog cementom i sadržaja cementa data u [5] prikazana je na slici 4.



Slika 4. Rezultati ispitivanja stabilizacije pri pritisku

Rezultati ispitivanja probnih mješavina CTB izrađenih za potrebe platforme na Aerodromu Podgorica ukazuju na značajan uticaj sadržaja cementa na čvrstoću pri pritisku. Pored sadržaja cementa značajan uticaj ima stepen zbijenosti kompaktirane CTB, koji se može iskazati preko zapreminske mase. Zavisnost ovih parametara prikazana je dijagramom na slici 5, pri čemu je za svaku ispitanu probnu mješavinu osim čvrstoće pri pritisku registrovana i zapreminska masa u g/cm^3 i vrijednosti upisane na dijagramu, [4]. Probne mješavine spravljene su sa prirodnom mješavinom agregata 0-32 mm, porijeklom iz rijeke Morače, čija je linija prosijavanja data na slici 3. Uočljiv je nedostatak sitnih čestica u agregatu (sitnijih od 0,25 mm) pa je to uslovalo da se sa malim procentom sadržaja cementa ne može postići odgovarajuća kompaktnost. Tako je sa 4.8% sadržaja cementa u odnosu na masu agregata zapreminska masa zbijene CTB maksimalno dostigla $2,21 g/cm^3$, a što je ekvivalentno šupljikavosti ugrađene CTB od

11% proračunato na osnovu zbira apsolutnih zapremina svih komponenti u jedinici zapremine CTB.



Slika 5. Rezultati ispitivanja probnih mješavina CTB za platformu Aerodroma Podgorica

Prema Ugovornoj specifikaciji za CTB [3] maksimalna šupljikavost ugrađene stabilizacije može iznositi 5%, pri čemu čvrstoća pri pritisku na kockama ivice 15 cm, starosti 7 dana, treba da iznosi 5 - 8 MPa. Sa dijagrama se može uočiti da mješavina sa 8,2% cementa zadovoljava postavljene uslove u pogledu čvrstoće, međutim šupljikavost ove mješavine je 11,5% (nije postignuta dovoljna zbijenost). Mješavina sa 7,5% cementa, koja ima zadovoljavajuću šupljikavost (5%) prevazilazi specificiranu maksimalnu čvrstoću od 8 MPa. Mješavine sa 9,6 i 10,2% cementa značajno prevazilaze specificiranu čvrstoću, bilo da su dovoljno zbijene ili ne. Zaključak je da se sa raspoloživim agregatom ne mogu istovremeno zadovoljiti oba postavljena uslova ukoliko se ne izvrši korekcija granulometrijskog sastava agregata dodavanjem nedostajućih sitnih čestica, što nije racionalno rješenje sa ekonomskog aspekta. Prihvatljivo rješenje u ovom slučaju je spravljanje mješavine sa raspoloživim agregatom uz upotrebu 6 - 6,5% cementa. Ova razmjera miješanja obezbjeđuje da se uz optimalnu zbijenost može ostati u granicama specificirane čvrstoće, dok bi se šupljikavost zadržala na nivou najviše 6 - 7% (zapreminska masa $\gamma=2,27\text{g/cm}^3$). Ovo su kasnije potvrdili i rezultati kontrolnih ispitivanja pri izradi CTB na Aerodromu Podgorica, [4].

4. ISPITIVANJA I USLOVI KVALITETA

Pri proizvodnji mješavine za CTB neophodno je ispitati komponente mješavine u skladu sa odgovarajućim standardima. Prema [2] preporučuje se upotreba agregata koji na situ 50 mm nema ostataka pri prosijavanju. Izuzetak je reciklirani bitumenizirani zastor gdje ovaj ostatak može biti do 5%. Granulometrijski sastav agregata se propisuje u dosta širokim granicama ali uz ograničenja u pogledu kontinuiteta, odnosno zahtijeva se da agregatu ne nedostaju zrna određenih kategorija. Cement mora ispunjavati uslove prema važećim standardima za cement, kao i voda koja ne smije sadržati supstance koje štetno djeluju na proces očvršćavanja mješavine. Ukoliko se primjenjuju pucolanski dodaci oni takođe moraju biti u skladu sa odgovarajućim standardima. Prije konačnog usvajanja

recepture za spravljanje CTB-a obavezna su prethodna ispitivanja u laboratoriji, ispitivanja u proizvodnom postrojenju koja obuhvataju izradu probnih mješavina i izrada probne dionice gdje se vrši ugrađivanje i zbijanje mješavine u istim uslovima kao što će to biti obavljano tokom izvođenja radova. Čvrstoća pri pritisku spravljenih CTB ispituje se na probnim tijelima nakon 7 dana njege prema standardu. Obavezno je ispitivanje stepena zbijenosti, kao i debljine ugrađenog sloja, što se obavlja vađenjem cilindara iz ugrađene CTB.

5. ZAKLJUČAK

Izrada cementne stabilizacije, ili uže posmatrano CTB, predstavlja delikatan zadatak kome treba posvetiti značajnu pažnju da bi očvrsla stabilizacija u potpunosti ispunila svoju funkciju. Pri projektovanju mješavine za CTB kao i ispitivanju usaglašenosti ugrađene CTB potrebno je preduzeti sve potrebne mjere da se postigne zadovoljavajući kvalitet ugrađene stabilizacije ne zanemarujući pri tome ekonomski aspekt i maksimalnu iskorišćenost raspoloživih materijala.

LITERATURA:

- [1] Department of Scientific and Industrial Research – Road Research Laboratory: Soil Mechanics For Road Engineers, London 1952. – prevod J. Šutić, Građevinska knjiga, Beograd, 1964
- [2] Portland Cement Association: Suggested Specifications for Soil-Cement Base Course Construction, PCA, 2001
- [3] Atkins International Ltd.: Podgorica Airport - Contractual Specification for Cement Treated Base, Part 13, August 2004
- [4] Građevinski fakultet Podgorica, Institut za građevinarstvo: Izvještaj o ispitivanju prirodne mješavine agregata i recepture za spravljanje cementne stabilizacije i Izvještaj o kontrolnom ispitivanju cementne stabilizacije, Podgorica, 2005
- [5] Gaspard, K.: Evaluation of Cement Treated Base Courses, Louisiana Transportation Research Center, 2000

INFLUENTIAL PARAMETERS OF SOIL-CEMENT BASE

Summary: *In this paper parameters that influence features of soil-cement base that is used as pavement base for highways and airports is being analyzed. Analysis includes construction methods of soil-cement base and possibility of attaining adequate physical-mechanical properties depending on the kind of soil-aggregate used, cement content and moisture content to permit maximum compaction. While soil-cement base constructing special attention is required by attaining relative low compressive strength with smaller deviations from the specified values. Apart from theoretical consideration and data from the literature experiences of the author during designing of mix proportions, constructing and testing of soil-cement base at Podgorica Airport Platform are being presented in this paper.*

Key words: *soil-cement base, pavement base, porosity, compressive strength*

SAVREMENI PRISTUP PROBLEMU NABORANOSTI ŠINSKE GLAVE

Mirjana Tomičić-Torlaković¹

UDK:622.625.1

Rezime: Ovaj rad se bavi šinskom naboranošću kratkih talasa, koja izaziva visokofrekventne oscilacije, porast emisije buke i značajno povećava troškove održavanja koloseka. Dat je pregled poznatih uzroka nastanka, uticajnih faktora i moguće metode uklanjanja. Prikazano je kako se optimizacijom uticajnih faktora može smanjiti napredovanje naboranosti. Brušenje i podmazivanje su predloženi kao načini kontrole naboranosti. Na osnovu toga su izvedeni određeni zaključci.

Ključne reči: naboranost, šinska glava, oscilacije, klizanje, kontaktni napon, brušenje.

1. UVOD

Posebna vrsta abanja šine je periodična nepravilnost podužnog profila šinske glave ili naboranost šinske glave, lako uočljiva u obliku sjajnih izbočenja i tamnih ulegnuća.



Slika 1. Naboranost šina

Zavisno od karakteristika talasa nabora, naboranost se može podeliti na :

1. Naboranost kratkih talasa sa dužinom talasa od 2,5 do 7,5cm i najvećom dubinom 0,1 do 0,3mm. Ova naboranost se obično javlja pri manjim osovinskim opterećenjima, kao što su kod putničkog saobraćaja i gradskih šinskih sistema i pre svega se dešava u koloseku u pravcu.
2. Naboranost srednjih talasa sa dužinom talasa od 15 do 45cm. Ona je obično povezana sa teškim teretnim saobraćajem i često se sreće na nižoj šini u krivini.

¹ Dr Prof. Mirjana Tomičić-Torlaković, dipl.inž. građ., Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: mtomicic@grf.bg.ac.yu

3. Naboranost dugih talasa sa dužinom talasa većom od 60cm. Ona se obično udružuje sa putničkim saobraćajem velikih brzina, mada se može naći i na prugama sa manjim brzinama.

Ovde će biti razmatrana naboranost kratke dužine talasa koja izaziva porast vibracija visoke frekvencije u oblasti 200 do 1500Hz i povećanje emisije buke za čak 15dB. Dinamičko preopterećenje po jednom točku izaziva labavljenje pričvršćenja, brže habanje delova šinskog pribora, brže propadanje pragova, smanjuje podbijenost pragova i pogoršava geometriju koloseka, šteti vozilima, smanjuje udobnost vožnje, te ima značajan uticaj na uloženi rad pri održavanju koloseka, sa povećanjem troškova do 30%.

2. FAZE NASTANKA NABORANOSTI

Kako su točkovi konusni, pri bočnom pomeranju osovinskog sloga javiće se veliki upravljajući momenat, sa proklizavanjem u kontaktnom području. Nastali smičući napon može uzrokovati plastičnu deformaciju šine sa očvršćavanjem šinskog čelika usled povećanja gustine dislokacija atomske strukture čelika, smanjenja rastojanja i sitnjenja povezujućih lamela u osnovnoj matrici (slika 2). Ta trajna plastična deformacija će izazvati nagomilavanje dislokacija što daje neujednačenu raspodelu ojačanja (čvrstoće) čelika duž šine, i vodiće različitim nivoima habanja.



korišćena šina



nova šina

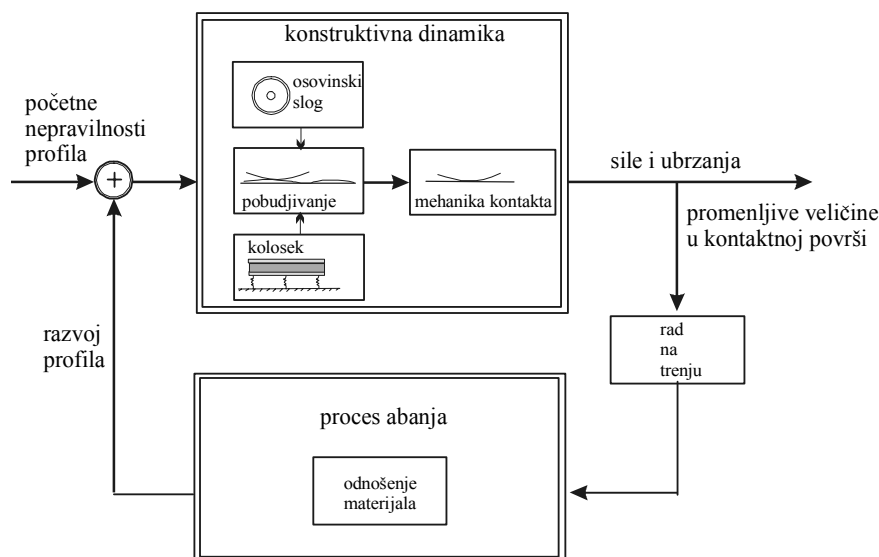
dubina 1,0 mm

Slika 2. Mikrostruktura čelika

Opisane plastične deformacije čine uvodnu fazu stvaranja svetlog ivičnog sloja debljine 0,001 do 0,01mm na šinskoj kotrljajućoj površini, čija tvrdoća je uočljivo veća od tvrdoće osnovnog perlitskog materijala i može da poraste čak tri do četiri puta /1/. Za obrazovanje ivičnog sloja je izgleda odgovorna i temperatura od 200°- 400°C nastala pri kotrljanju sa znatnim klizanjem u kontaktnoj površi. U početku je otpor odnošenju materijala očvrstlog ivičnog sloja veći od otpora odnošenju osnovnog perlitskog materijala, dajući vrlo spori porast naboranosti. Jasno je da će vrlo mala nepravilnost podužnog profila čak i nove, nebrušene šine imati za posledicu nejednak proces odnošenja materijala.

Kod tako već naboranih šina javljaju se velike dinamičke sile od točka na izbočinama nabora, kontaktni pritisak raste još više i debljina očvrstlog svetlog ivičnog sloja je tad čak 0,1mm.

Na slici 3 su prikazane faze razvoja naboranosti, pri čemu se uočavaju dve osnovne komponente: kratkovremenska dinamička komponenta prikazana putem konstruktivne dinamike osovine i koloseka, povezana sa mehanikom kontakta točak-šina i dugovremenska komponenta sa mehanizmom habanje kotrljajuće površi šinske glave. Ove dve komponente su u povratnoj sprezi /1/.



Slika 3. Model razvoja naboranosti

Pokretač dinamike konstrukcija u ovom slučaju je diskretno oslanjanje šina na pragove. Pobudjivanje šine promenljivom silom od točka na sinusoidalna oscilovanja između dva praga sa "podešenom" rezonancom (za šine 60E1 pri frekvenciji od oko 1100Hz) i sa čvorovima poništavanja talasa iznad pragova se naziva "pinned-pinned" oblik oscilovanja (to pin-prikačiti). Stoga bi pri projektovanju pričvršćenja trebalo da se te frekvencije, kao i sopstvene frekvencije točkova, odmaknu od frekvencija naboranosti.

3. UTICAJNI FAKTORI

Vrsta šinskog čelika: Obiman prikaz naboranosti šina na mreži Nemačkih železnica /2/ i na Britanskim železnicama je pokazao da su šine od Besemerovog čelika značajno podložnije naboranosti nego od Simens-Martinovog čelika. Zanimljivo je da tvrdoća šinskog čelika izgleda ne utiče na brzinu napredovanja nabiranja šina, bar u koloseku u pravcu, a porast otpornosti na abanje pomaže usporavanju formiranja nabora.

Termička obrada šina: U izveštaju za U.S.DOT /3/ se referiše da brzina napredovanja naboranosti u koloseku u krivini od šina sa zakaljenim ili legiranim šinskim čelikom je upola manja nego kod običnih ugljeničnih čelika. Sugerise se da bi SM čelici sa tvrdoćom 320 do 360 po Brinelu bili najbolji izbor za šine otporne na naboranost. To je potvrđeno i opitima na novim šinama sa kaljenjem očvrslim glavama (takozvane HSH - šine) na nemačkoj pruzi za velike brzine. Japanske Kyushu železnice su od 1993. sprovele opite sa zamenom unutrašnje šine u oštrim krivinama šinama sa duboko zakaljenim glavama (DHH šine), primećujući znatno odlaganje pojave naboranosti.

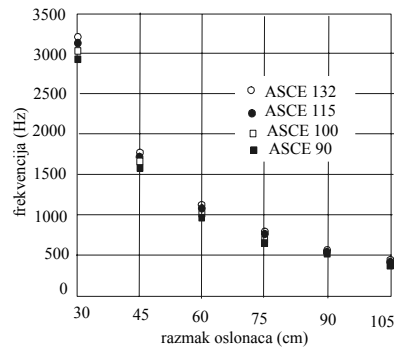
Saobraćajni uslovi: Naboranost pogoršava ujednačenost brzine voza, tipa vozila i smeru kretanja, kakav je slučaj kod gradskih šinskih sistema, rudarske železnice i slično.

Krutost šinskih oslonaca: Naboranost je često prisutna u koloseku sa relativno krutim šinskim osloncima. Posebno kod direktno pričvršćenog koloseka krutost oslonca može

biti glavni parametar odgovoran za naboranost, pa moderni gradski šinski sistemi ugrađuju relativno meka direktna pričvršćenja sa krutošću reda veličine 200kN/cm ili manje. Sigurno je da kruti oslonci koloseka pogoršavaju "pinned-pinned" rezonancu kod direktno oslonjenih šina i da smanjenje krutosti oslonca može biti korisno za smanjenje te interakcije. Sada je jasnije zašto razvoj nabora kod klasičnog koloseka u zastoru počinje baš na delu šine iznad praga.

Razmak šinskih oslonaca: Frekvencije rezonance "pinned-pinned" oblika oscilacija šine u funkciji razmaka pričvršćenja date su na slici 4 /3/. Odatle proizilazi da je moguće rešenje za povećanje frekvencije dovoljno smanjenje razmaka pričvršćenja i povećanje krutosti na savijanje šine. U tom slučaju naboranost će vremenom težiti da bude "ispeglana" ili ishabana.

Iz svega ovoga je jasno zašto se naboranost javlja sa zakašnjenjem kod kontinualno oslonjene šine, a pre kod koloseka u zastoru sa betonskim nego sa drvenim pragovima.



Slika 4. Frekvencija rezonance-razmak oslonaca za razne tipove šina

4. KONTROLA NABORANOSTI ŠINA I ZAKLJUČCI

Za kontrolu šinske naboranosti poznato je više postupaka, zavisno od mehanizma nastanka. Naboranost kratkih talasa se kontroliše sledećim merama:

1. Smanjenje nepravilnosti smera koloseka pravilnim i redovnim održavanjem.
2. Brušenje šina i brušenje šinskih profila
3. Podmazivanje kontakta venac točka - bok šinske glave.
4. Upotreba pretvarača trenja na kontaktu točak-kotrljajuća površ šinske glave.
5. Presvlačenje kolotruga točka na šinskoj glavi.

Strategije brušenja šina: Brušenje šina je najefektivniji postupak kontrole šinske naboranosti i nivoa buke (smanjenje do 10dB). Postoje dve strategije sprovođenja brušenja: korektivna i preventivna.

Korektivnim brušenjem se ponovo uspostavlja pravilan podužni profil šine. Kod naboranosti kratkog talasa se toleriše dubina talasa do propisima utvrđene granične vrednosti (0,05mm na Nemačkim železnicama, 0,1mm na Danskim i čak 0,15mm na Britanskim železnicama). Po prekoračenju tih vrednosti pristupa se brušenju i tako ciklično sve dok se šina ne "potroši" (dostigne granica habanja). Od značaja je pravilno upravljati procesom brušenja. Brusni voz firme Speno ima radnu brzinu 6-8 km/h sa debljinom skidanja po jednom prolasku 0,05 do 0,1mm. Ipak, količina skidanja čelika po

jednom prolasku nije stalna: kod prvog prolaska skidaju se vrhovi bregova naborane šine u debljem sloju, a kod završnog prolaska, kada svi brusni kamenovi naležu na šinu, sloj skidanja je tanak. Na kraju se preporučuje jedan dodatni prolaz, kojim se podbruse udoline nabora za bar 0,05mm i osigura metalurška homogenost duž šine.

Početno preventivno brušenje šine je ono koje se sprovodi na novim šinama, kojim se ukloni dekarbonizirani površinski sloj glave šine i posledice valjanja i ispravljanja pri proizvodnji šine. Ovim "nultim" preventivnim brušenjem na Britanskim železnicama na opitnoj deonici je naboranost bila odložena čak na period od 5 godina. Švajcarske železnice SNCF su uvele u stalnu praksu ovo preventivno brušenje. Preventivno brušenje je od velikog značaja za održavanje niskih dinamičkih kontaktnih sila, kontrolu površinskih defekata usled zamora pre nego uznapreduju i produženje vremena do pojave naboranosti. Njime se poboljšavaju uslovi kotrljanja i kvalitet izvedenog zavarivanja, smanjuje potrošnja vučne energije i povećava udobnost vožnje. Na taj način ova tehnika brušenja postaje isplativa gledano dugoročno, što nikad nije bio slučaj sa korektivnim brušenjem.

Brušenje profila: Ključna komponenta uspešnog preventivnog programa brušenja je postizanje i održavanje optimalnog poprečnog profila šine, obezbeđujući dobre karakteristike kotrljanja. Optimalni šinski profili minimiziraju kontaktne napone, unapređuju stabilnost vozila i vođenje u krivini. Traka kotrljanja točka po šini se može brušenjem namerno pomeriti ka osi ili od ose koloseka, čime se habanje rasprostire na bandaž točka, smanjujući žljebno abanje točkova što, za uzvrat, smanjuje bočne sile i naboranost šina.

Asimetrično brušenje šinskog profila obezbeđuje povoljnije uslove kontakta točak-šina i promenu kruga kotrljanja, čime se smanjuje zamor materijala i bočno habanje šine u krivini, suzbija naboranost šina. To se postiže uklanjanjem metala tamo gde se kontakt točak-šina mora izbeći.

Na Austrijskim železnicama, zajedno sa uvođenjem šina visoke otpornosti, ovaj postupak brušenja je ublažio probleme naboranosti šina i habanja u krivinama.

Podmazivanje i presvlačenje šina: Preventivno brušenje šina u kombinaciji sa podmazivanjem može značajno povećati vek trajanja šina. Pravilno podmazivanje unutrašnjeg boka šinske glave smanjuje napone na toj kontaktnoj površi pri bočnom vođenju vencem točka u krivini.

Pretvarač trenja/4/ se nanosi na kotrljajuću površ šine, formirajući tanak film i obezbeđujući kontrolu trenja na kontaktu bandaža točka i šine, smanjujući oscilacije pri kotrljanju sa klizanjem, bočne sile i škripu u krivinama.

Moguće je i rešenje kontrole naboranosti presvlačenjem kolotruga točka na šinskoj glavi legurom izuzetne tvrdoće (Riflex). Njena upotreba je ograničena samo na šine od čelika sa niskim sadržajem ugljenika.

Na osnovu ispitivanja naboranosti ERRI je doneo tehnički izveštaj D185/5/, čiji se osnovni zaključci mogu svesti na sledeće stavove:

- Brušenje novih šina se u železničkoj praksi pokazalo korisnim, ukoliko pri tome budu izbegnute neželjene kvaziperiodične nepravilnosti u području dužine talasa naboranosti. Pri preventivnom brušenju se uklanjaju početne nepravilnosti profila i šina traje duže, jer nabori ne porastu do štetne dubine.

- Kao pobuda za nastanak nabora može, pored geometrijskih nepravilnosti profila, delovati i zaostala periodična nepravilnost površinskog materijala u obliku promenljivog otpora na abanje.

- Smanjenje vertikalne krutosti koloseka je korisno, jer se tada smanjuju velike promene sila u području oslonaca kao tačaka poništavanja oscilovanja koloseka.

- Teorijski je optimalno kontinualno oslanjanje šine, ostvarljivo samo pri krutom gornjem stroju. Pri diskretnom šinskom pričvršćenju ne smeju se dozvoliti oscilacije sa frekvencijama bliskim frekvencijama naboranosti kratkih talasa.

Može se zaključiti da se naboranost na kotrljajućoj površi šinske glave, nastala usled nepravilnosti pri proizvodnji šine i za vreme eksploatacije, može smanjiti i odložiti poznavanjem mehanizama nastanka i uticajnih faktora za njegovo napredovanje. Zbog svog velikog tehničkog i ekonomskog efekta u borbi s naboranošću, brušenje šina bi trebalo da bude deo tekućeg održavanja gornjeg stroja pruga i na našim železnicama.

LITERATURA

- /1/ Baumann G., Grohmann H.D., Knothe K.: Wirkungsketten bei der Ausbildung kurzweilliger Riffeln auf Schienenlaufflächen, ETR 12/1996.
- /2/ Oostermeijer K.: Causing of rail corrugation and contributing factors, WCRR 2003, Köln 2003.
- /3/ Nelson J.: TCRP Report 23: Wheel/Rail Noise Control Manual, Chepter 10 - Rail corrugation control, National Academy Press, Washington, D.C. 1997.
- /4/ Kelsan Technologies Corp website..
- /5/ Technical report ERRI D 185, 1996.
- /6/ Grassie S.L.; Kolousek J.: Rail corrugation: characteristics, causes and tretments, Journal of rail and rapid transit, vol 207, 1993..

MODERN APPROACH TO RAIL HEAD CORRUGATION PROBLEM

Summary: This paper deals with the short pitch corrugation, which gives rise of high frequency vibrations, increase of noise emission and has a significant impact on maintenance efforts. The survey of the corrugation causation, contributing factors and possible treatment methods is presented. It is exposed how the optimisation of underlying factors can reduces the corrugation development. Rail grinding and lubrication have been proposed for controlling rail corrugation. The certain conclusions are conducted.

Key words: *corrugation, rail head ,oscilations, slip, contact preassure, grinding.*

JET GROUTING - OPŠTI PRINCIPI -

Elefterija Zlatanović¹
Dragan Lukić²

UDK:624.138.23

Rezime: Pri građenju objekata često nije moguće izbeći lokacije sa slabo nosivim zemljištem. Zbog toga treba pribеći nekom od načina poboljšanja uslova građenja. Jedan od načina, koji danas nalazi sve veću primenu u svetu, je "jet grouting" (mlazno cementiranje tla), čijom se primenom ostvaruju povoljniji uslovi građenja i korišćenja objekata, pruža potrebna sigurnost i čuva prirodno okruženje. U predmetnom radu dat je osvrt na opšte principe ove tehnologije.

Ključne reči: jet grouting, sistemi, parametri, primena

1. UVOD

"Jet grouting" predstavlja svestranu i efikasnu tehniku stabilizacije tla koja se primenjuje u najrazličitijim uslovima građenja. Ovaj koncept je prvi put ustanovljen u Japanu sedamdesetih godina prošlog veka. To je ne samo najsigurnija metoda koja danas nalazi sve širu primenu u svetu, već je u mnogim slučajevima i veoma brz postupak, što za rezultat ima i značajne uštede.

Postupak mlaznog cementiranja tla sastoji se u sledećem: najpre se u tlu formira bušotina prečnika u proseku 150 mm, do projektovane dubine. Nakon bušenja, rotirajuća bušača šipka opremljena mlaznicama, vrši raspršivanje vezivnog materijala pod pritiskom, koji vrši razbijanje strukture zemlje. Uz istovremeno rotiranje i postepeno izdizanje bušaće šipke iz tla, dolazi do formiranja stuba koji predstavlja mešavinu zemljanog i vezivnog materijala. Integrisanjem tako nastalih stubova u nizu, nastaje tzv. "soilcrete" (eng. soil-tlo) masa, koja se odlikuje visokom čvrstoćom na pritisak i niskom vodopropustljivošću.

Kao vezivno sredstvo u praksi najčešću primenu imaju vodocementne mešavine. Čvrstoća i vodopropustljivost stubova kontroliše se na osnovu vodocementnog faktora, dok prečnik stubova zavisi od brzine rotacije i izdizanja bušaćeg alata. Oprema za mlazno cementiranje tla je specijalno dizajnirana tako da ima maksimalnu primenu kako u niskim i tesnim prostorima, tako i na ograničenim otvorenim površinama. Ova tehnika

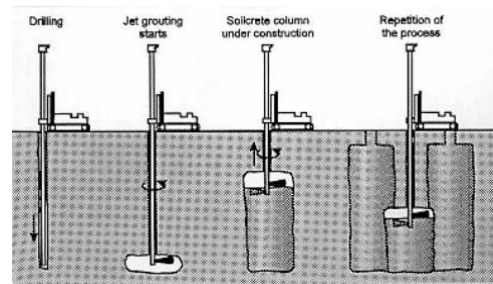
¹ Elefterija Zlatanović, dipl.inž.građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, Aleksandra Medvedeva 14, tel: 018/588-202, e-mail: elefterija@gaf.ni.ac.yu

² Doc. dr Dragan Lukić, dipl.inž.građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaracka 2/a, tel: 554-300, e-mail: drlukic@grf.bg.ac.yu

najčešće se primenjuje na dubinama većim od 50 m, i to u gotovo svim vrstama zemljišta, uključujući prašnasta tla, neke vrste glina, kao i razne vrste peskova i šljunkova.



Slika 1. Raspršivanje veziva mlaznicama



Slika 2. Faze "jet grouting" postupka

2. JET GROUTING SISTEMI

Razlikuju se četiri tipa *jet grouting* tehnike, u zavisnosti od broja injekcionih mlaznica i medijuma koji se koristi u cilju razbijanja strukture tla, i to su:

2.1. MONOFLUIDNI JET GROUTING SISTEM

Uokviru ovog sistema primenjeni vezivni materijal služi kako za razbijanje strukture tla, tako i za formiranje mešavine sa tлом. Vezivo se pod visokim pritiskom upumpava u bušaču šipku do odgovarajućeg seta mlaznica lociranih neposredno iznad burgije. Usled velike brzine rotiranja bušaće šipke i visokog pritiska injektiranja formira se stub od stabilizovanog materijala prečnika u opsegu od 40 do 120 cm. Ovaj sistem daje konglomerate veziva i tla koji se odlikuju najvećom čvrstoćom i najmanjom količinom viška materijala. Najčešće se primenjuje u terenima od nevezanog materijala.

2.2. TRIFLUIDNI JET GROUTING SISTEM

Razlika ovog sistema u odnosu na prethodni je u tome što se za razbijanje strukture tla umesto veziva koristi voda pod pritiskom, čije dejstvo je potpomognuto molekulima komprimovanog vazduha, skoncentrisanih oko vodenog mlaza. Komprimovani vazduh doprinosi proširenju radijusa dejstva vodenog mlaza, kao i ispuštanju suviše vode i finih čestica tla na površinu, kroz prstenasti prostor između zida bušotine i bušaće šipke. Nakon što se izvrši bušenje do projektovane dubine, vezivo se raspršuje kroz posebnu mlaznicu lociranu neposredno iznad mlaznica za vodu i vazduh, uz istovremeno sporo izdizanje šipke iz tla. Nastali stub od mešavine zemljišta i veziva je prečnika koji doseže veličinu i do 2m. Ovaj sistem ima najveću efikasnost u koherentnim materijalima koji su otporni na bušenje.

2.3. DVOFLUIDNI *JET GROUTING* SISTEM

Jet grouting sistem sa dva fluida je novijeg datuma, i predstavlja zapravo kombinaciju sistema sa jednim i sa tri fluida. Princip rada je isti kao i u slučaju monofluidnog sistema, s tom razlikom što se radijus dejstva vezivnog materijala povećava uz sadejstvo komprimovanog vazduha skoncentrisanog oko mlaza cementnog rastvora, čime se postiže dvostruko brže razaranje strukture tla. Negativno prisustvo vazduha ogleda se u manjoj zapreminskoj težini i nižoj čvrstoći tretiranog tla (u poređenju sa monofluidnim sistemom), kao i u tome da je prisutna količina vazduha dovoljna da veoma lako izdigne naležuće slojeve tla i tako izazove pojavu bubrenja. Prečnici stabilizovanih stubova kreću se u opsegu od 1.0m u zbijenim i srednje zbijenim terenima, do 1.8m u rastresitim terenima. Češće se primenjuje u vezanim materijalima.

2.4. SUPER *JET GROUTING* SISTEM

Ovaj sistem predstavlja modifikaciju sistema sa dva fluida. Naime, cementni rastvor kao vezivni materijal i komprimovani vazduh pumpaju se kroz posebne komore bušaće opreme. Nakon što bude dostignuta projektom predviđena dubina, komprimovani vazduh i cementni rastvor erodiraju tlo, mešaju se s njim, i kao rezultat spore rotacije i izdizanja bušaće šipke nastaje stub stabilizovanog materijala prečnika 3-5m. Ovaj sistem je našao najširu primenu upravo u stabilizaciji zemljanih masa.

PARAMETRI	1-FLUID		2-FLUID		3-FLUID	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pritisak raspršivanja veziva (MPa)	20	60	30	60	3	7
Protok veziva (l/min)	40	120	70	150	70	150
Pritisak vazduha (MPa)	-	-	0.6	1.2	0.6	1.2
Protok vazduha (l/min)	-	-	2000	6000	2000	6000
Pritisak raspršivanja vode (MPa)	-	-	-	-	20	50
Protok vode (l/min)	-	-	-	-	70	150
Prečnik mlaznice za vezivo (mm)	1.5	3	1.5	3	4	8
Prečnik mlaznice za vodu (mm)	-	-	-	-	1.5	3
Prečnik mlaznice za vazduh (mm)	-	-	1	2	1	2
Brzina rotacije buš. šipke (o/min)	10	30	5	10	5	10
Brzina izdizanja šipke (cm/min)	10	50	7	30	5	30
Prečnik stuba stabiliz. mater. (m)	0.4	1.2	1.0	1.8	0.9	2.0

Tabela 1. Opseg parametara karakterističnih za tri različita *jet grouting* sistema

3. IZBOR PARAMETARA *JET GROUTING* SISTEMA

- Veoma je važno da izvođač najpre utvrdi konačnu čvrstoću tla koja se želi postići *jet grouting* tehnologijom. Ova karakteristika cementno-zemljanih stubova zavisi od brojnih faktora: granulometrijskog sastava tla, vodocementnog faktora, količine veziva

za 1m dužine stuba, i dr. U narednoj tabeli su date prosečne vrednosti čvrstoće na pritisak stubova prema podacima iz inostrane literature [3].

VRSTA TLA	ČVRSTOĆA (MPA)		
	Autori literature		
	Cristian Kutzner	Angelo Garassino	Cesare Melegari
Treset	< 3.0	< 2.0	0.3
Glina	< 12.0	1-4	1.8-3.0
Mulj	< 12.0		3.0-4.5
Glinovita ilovača	3-10	2-9	-
Peskovita ilovača	5-14		-
Pesak	< 15.0	5-15	6-9
Šljunak	< 20.0		10-30

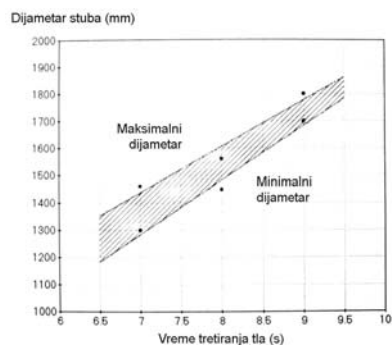
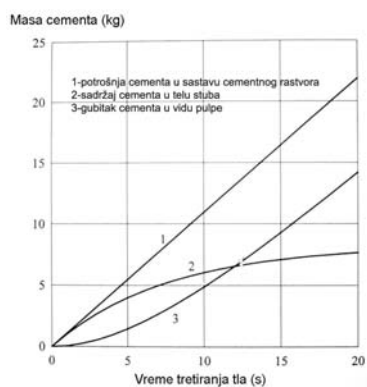


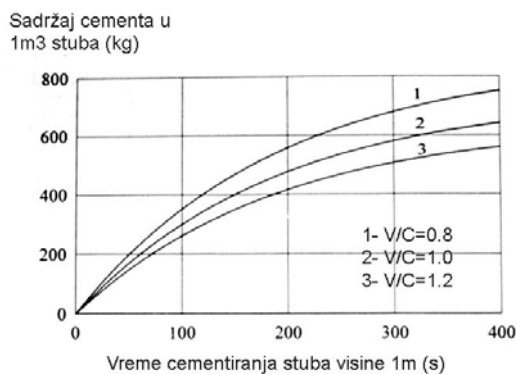
Tabela 2. Čvrstoće na pritisak stubova za različite vrste tla prema inostranim autorima

Slika 3. Grafik zavisnosti dijametara stuba od vremena obrade tla

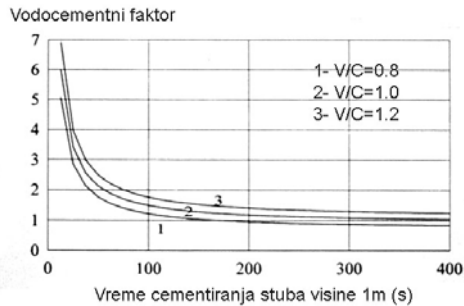
- Treba definisati i prečnik stuba koji se formira *jet grouting* metodom. Na grafiku (slika3) predstavljeno je vreme tretiranja segmenta tla visine 4cm. Pa tako, na primer, za formiranje stuba prečnika 1.7m i za debljinu segmenta tretiranog tla 4cm, sa grafika se očitava potrebno vreme obrade u trajanju od 9s, a što bi za visinu stuba od 1m (25 segmenata po 4cm) iznosilo oko 4min [3].
- Za postizanje željenog efekta veoma je važno pravilno odrediti odnos vode i cementa imajući u vidu prirodnu vlažnost tla. Takođe, značajnu ulogu ima i sadržaj cementa u stubu stabilizovanog tla, kao i najekonomičnije vreme tretiranja tla, što je ilustrovano sledećim dijagramima [4]:



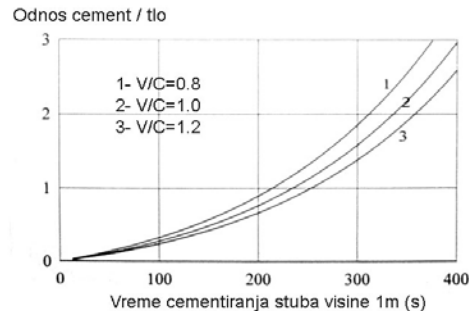
Slika 4. Sadržaj cementa u volumenu stuba u zavisnosti od vremena obrade tla



Slika 5. Sadržaj cementa u 1m³ stuba u funkciji vremena cementiranja 1m stuba



Slika 6. Vodocementni faktor veziva u funkciji vremena cementiranja 1m stuba



Slika 7. Odnos količina cementa i zemlje u funkciji vremena cementiranja 1m stuba

Na slici 4 prikazan je porast količine cementa uokviru volumena stuba (prečnik stuba 0.6m, visina tretiranog segmenta tla 4cm) u zavisnosti od vremena ciklusa tretiranja tla. Sa slike se može uočiti da produžetak vremena ciklusa tretiranja tla na više od 12 sekundi rezultuje gubitkom cementa većim u odnosu na količinu cementa ugrađenog u stub stabilizovanog materijala.

Na slikama 5, 6 i 7 sve karakteristike stuba stabilizovanog tla ustanovljene su u skladu sa vremenom cementiranja stuba visine 1m. Od posebnog interesa je drugi grafik, koji ilustruje naglo razblažavanje cementnog rastvora vodom koja se nalazi u porama tla, do veličine vodocementnog faktora 4-5. Stoga, da bi se obezbedio optimalan odnos vode i cementa u stubu, a u cilju postizanja visoke čvrstoće na pritisak, neophodno je produžiti vreme mlaznog cementiranja tla za više od 200 sekundi.

4. PRIMENA JET GROUTING SISTEMA

Jet grouting sistem ima veoma široku primenu u geotehničkom inženjerstvu.

- Koristi se kao mera geotehničke melioracije (ground improvement) u cilju povećanja krutosti i nosivosti tla, formiranjem stubova stabilizovanog tla u vidu rešetke.
- Veoma često se primenjuje radi kontrole nivoa podzemne vode (groundwater control) oko brana ili u kontaminiranim područjima, što se postiže stubovima stabilizovanog materijala u vidu horizontalne zaštitne zavese (barijere) odgovarajuće debljine. Vodopropustljivost tla ovim postupkom može biti smanjena do reda veličine 10^{-9} m/s.
- *Jet grouting* tehnika pruža mogućnost podupiranja/podzidivanja (underpinning and excavation support) postojećih plitkih fundamenata, kada se bušenje vrši kroz postojeće temeljne stope, a stubovi stabilizovanog materijala formiraju se neposredno ispod temelja.
- Tunelogradnja (tunnelling) – *jet grouting* metodom u okolini vertikalnih šahtova mogu se oformiti zone koje obezbeđuju radni prostor mehanizacije za izbijanje tunela.

Takođe, ovom tehnikom vrši se stabilizacija terena oko tunelskog iskopa, a naročito u temenu tunelskog svoda, što je od posebnog značaja kod primene metoda iskopa tunela u punom profilu.

5. ZAKLJUČAK

Jet grouting metoda pokazala se veoma efikasnom merom stabilizacije tla, zbog čega u novije vreme nalazi sve veću primenu u svetu, zahvaljujući svojim brojnim prednostima:

- mogućnost primene u gotovo svim vrstama tla;
- postizanje projektom predviđene čvrstoće na pritisak i vodonepropustljivosti;
- nema štetnih vibracija;
- ne zahteva veliki radni prostor;
- formiranje stubova stabilizovanog zemljanog materijala najrazličitije geometrije;
- po okončanju postupka ne zahteva se nikakvo održavanje;
- najbezbednija metoda;
- mogućnost nesmetanog rada u blizini postojećih aktivnih objekata;
- daleko brži postupak u poređenju sa alternativnim;
- čuva prirodno okruženje.

LITERATURA

- [1] Burke G., Koelling M.: Special Application for Jet Grouting, Canadian Geotechnical Conference, Vancouver, 1995.
- [2] Dash U., Lee T., Anderson R.: Jet grouting experience at Posey Webster Street Tubes Seismic Retrofit Project, Sacramento, 2004.
- [3] Малинин А.: Применение струйной цементации грунтов в подземном строительстве, Подземное пространство мира 2000, №2, Москва
- [4] Малинин А.: Применение технологии струйной цементации грунтов в транспортном строительстве, метро и тоннели 2001, №6, Москва
- [5] Web stranice: www.jet-grouting.com; www.HaywardBaker.com; www.cementationfoundations.skanska.co.uk

JET GROUTING -COMMON PRINCIPLES-

Summary: *During the construction of utilities it is not possible allways to avoid soft soil locations. From that reason, it becomes necessary to appeal to some of the ways of construction conditions improvement. One of the techniques, which has gained wider acceptance in the world today, is "jet grouting", providing more convenient and better conditions for a construction, use and security. The environment is subject too. The paper provides common principles of this method.*

Key words: *jet grouting, systems, parameters, applicati*

**SPONZORI MEĐUNARODNE KONFERENCIJE 2006
«SAVREMENI PROBLEMI U GRAĐEVINARSTVU»**

1.  **GENERALNI SPONZOR:**
VOJ-PUT, A.D., SUBOTICA
2.  REPUBLIKA SRBIJA
MINISTARSTVO NAUKE I ZAŠTITE
ŽIVOTNE SREDINE, BEOGRAD
3.  AP VOJVODINA
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA
OBRAZOVANJE I KULTURU,
NOVI SAD
4.  INŽENJERSKA KOMORA,
BEOGRAD
5.  TRIMO INŽENJERING D.O.O.,
NOVI BEOGRAD
6.  GEOSONDA – FUNDIRANJE D.P.,
BEOGRAD
7.  JP ZAVOD ZA URBANIZAM
OPŠTINE SUBOTICA, SUBOTICA
8.  DDOR NOVI SAD A.D., GL.
FILIJALA SUBOTICA
9.  SIMEX D.O.O., SUBOTICA
10.  AGRO BANKA, FILIJALA
SUBOTICA
11.  GRADIS D.O.O., SUBOTICA



- Izgradnja i rekonstrukcija autoputeva, magistralnih, regionalnih puteva, ulica, aerodromskih pista, sportskih terena i drugih saobraćajnih objekata niskogradnje.

-Održavanje i zaštita autoputeva, magistralnih, regionalnih i lokalnih puteva, mostova nadvožnjaka i drugih saobraćajnih objekata na javnim putevima.



Kompanija VOJPUT a.d.

Đure Đakovića 10, 24000 Subotica

tel. +381 24 554 900, fax. +381 24 525 760

email: vojput@yunord.net

11000 BEOGRAD, Kraljice Marije 25

Poštanski fah: 259
E-mail: geo.fund@eunet.yu
[http / www.geosonda.co.yu](http://www.geosonda.co.yu)

Direktor: tel/fax 32 25 059
Tehn.Direktor: tel. 30 32 336
Finans.Direktor: tel/fax 33 45 916

GLINOBETONSKE ANTIFILTRACIONE DIJAFRAGME
KAO ZAŠTITA OD PODZEMNIH VODA

ARMIRANOBETONSKE DIJAFRAGME KAO TEMELJNE,
ZAŠTITNE I POTPORNE KONSTRUKCIJE U FUNKCIJI
TRAJNIH I PRIVREMENIH REŠENJA

KONTRAFORI I "DIJAFRAGMA ŠIPOVI" RAZLIČITIH
HORIZONTALNIH PRESEKA I DIMENZIJA

PRAKTIČNE DUBINE DIJAFRAGMI DO 40,00 m,
DEBLJINE ZIDOVA 0,60m, 0,80m



BUŠENI ŠIPOVI KAO TEMELJNE ZAŠTITNE I POTPORNE
KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG BETONA:

- ŠIPOVI BEZ PODGRADE
- ŠIPOVI POD ZAŠTITOM BENTONITNE
SUSPENZIJE
- ZACEVLJENI ŠIPOVI
- ŠIPOVI SA PROŠIRENOM BAZOM ŠIPA
- ŠIPOVI U CEVIMA, REDUKOVANOG ILI
KONSTANTNOG PRESEKA

PRAKTIČNE DUBINE DO 40,00m, PRESECI
Ø 500,600,800,900,1000,1250 i 1500mm

FRANKI ŠIPOVI PRESEKA :
Ø 406mm, Ø 520 mm i Ø 600 mm,
DUBINE DO 22,00 m

GOTOVI-PREFABRIKOVANI ARMIRANOBETONSKI
ŠIPOVI, RAZLIČITIH PRESEKA I DIMENZIJA

BUNARSKI I MEGA ŠIPOVI RAZLIČITIH PRESEKA
I KONSTRUKTIVNIH DETALJA

PROBNA OPTEREĆENJA – TESTIRANJE SVIH
VRSTA ŠIPOVA

DUBOKE DRENAŽE I DRENAŽNI SISTEMI
PO TEHNOLOGIJI ISKOPA KONTINUALNOG
ROVA ZA DIJAFRAGMU OD GRANULISANOG
FILTERSKOG ZASIPA DO DUBINE 20,00 m

DRENAŽNI I EKSPLOATACIONI BUNARI, DUBINE DO
35,00 m I PRESEKA DO 1,25 m

OTVORENI SANDUCI, KESONI OD ARMIRANOG BETONA,
RAZLIČITIH PRESEKA I DIMENZIJA

CIP- Каталогизacija y publikaciji
Библиотека Матице српске, Нови Сад

624(082)

ZBORNİK radova Građevinskog fakulteta / Univerzitet u
Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica ; glavni i
odgovorni urednik Dragan Milašinović. – 198?, 1- .-
Subotica : Građevinski fakultet, 198?- . – 30 cm

ISSN 0352-6852

COBISS.SR.ID 14404098